



TUGAS AKHIR - RE 141581

# STUDI PENGOLAHAN LIMBAH AIR BEKAS PENCUCIAN JEANS DENGAN METODE BIOLOGIS SKALA LABORATORIUM

LAILY KUSUMA WARDANI  
032 1144 0000 007

Dosen Pembimbing :  
Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

# **STUDI PENGOLAHAN LIMBAH AIR BEKAS PENCUCIAN JEANS DENGAN METODE BIOLOGIS SKALA LABORATORIUM**

**LAILY KUSUMA WARDANI**  
**032 1144 0000 007**

**Dosen Pembimbing :**  
**Ir. Atiek Moesriati, M.Kes**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**





**FINAL PROJECT - RE 141581**

# **STUDY OF WASTEWATER TREATMENT OF JEANS WASHING BY USING BIOLOGICAL METHOD AT LABORATORY SCALE**

**LAILY KUSUMA WARDANI**  
**032 1144 0000 007**

**Supervisor :**  
**Ir. Atiek Moesriati, M.Kes**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
**Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering**  
**Institute of Technology Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



## **LEMBAR PENGESAHAN**

**Studi Pengolahan Limbah Air Bekas Pencucian Jeans  
dengan Metode Biologis Skala Laboratorium**

### **TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

Oleh:

**LAILY KUSUMA WARDANI**

**NRP. 03211440000007**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir**



**Ir. Atiek Moesriati, M.Kes**

**NIP. 19570602 198903 2 002**







# **STUDI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN JEANS DENGAN METODE BIOLOGIS SKALA LABORATORIUM**

Nama Mahasiswa : Laily Kusuma Wardani  
NRP : 032114410000007  
Departemen : Teknik Lingkungan FTSLK ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Atiek Moesriati, MKes

## **ABSTRAK**

Usaha pencucian jeans merupakan usaha pencucian dan pelunturan jeans setelah dilakukan pewarnaan pada jeans. Hasil buangan dari proses pencucian jeans sebagian besar langsung dibuang ke badan air atau sungai, sehingga akan mencemari lingkungan. Perlu adanya suatu unit pengolahan sederhana untuk menurunkan beban polutan pada pencucian jeans, salah satunya menggunakan reaktor biofilter. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan tingkat penurunan COD, TSS, dan warna pada air bekas pencucian jeans menggunakan reaktor biofilter dalam memperbaiki efisiensi penurunan beban polutan dan kualitas parameter air limbah untuk dibuang ke badan air penerima.

Penelitian dilakukan secara skala laboratorium dengan menggunakan reaktor yang telah direncanakan. Desain reaktor terdiri dari bak penampung awal, media filter, dan bak penampung akhir. Proses ini menggunakan sistem kontinu dengan aliran downflow. Dalam penelitian ini media yang digunakan adalah pecahan genteng, kerikil, dan bioball. Parameter yang diamati adalah COD, TSS, dan warna.

Hasil dari penelitian ini adalah efisiensi removal COD sebesar 91,67%, sedangkan untuk TSS diperoleh efisiensi removalnya sebesar 88,89%, dan untuk parameter warna diperoleh 82,66% terjadi pada media bioball dengan debit aerasi sebesar 7 L/menit.

**Kata Kunci:** Air limbah pencucian jeans, biofilter, jenis media, debit aerasi



# **STUDY OF WASTEWATER TREATMENT OF JEANS WASHING BY USING BIOLOGICAL METHOD AT LABORATORY SCALE**

Name of Student : Laily Kusuma Wardani  
NRP : 032114410000007  
Department : Teknik Lingkungan FTSLK ITS  
Supervisor : Ir. Atiek Moesriati, MKes

## **ABSTRACT**

Jeans washing business service is a business of washing and bleaching jeans (usually pants) after colouring process of the jeans. The effluent from the process are mostly wastewater with suspended solid, and they are immediately thrown into the water body or river so that it will cause pollution to the water and environment. By this condition, we need a simple unit to reduce the pollutants from effluent of jeans-washing process by using biofilter reactor. The aim of this research is to determine the reduction of organic loads and suspended solid of the wastewater from jeans-washing by using biofilter reactor to improve the efficiency of the removal. From this process we can reduce the organic loads in order to be flowed in river safely.

The research is done in laboratory scale using the reactor that have been planned. The design of the units consist of inlet tank, filter units, and outflow tank. This process is done continuously with downflow mechanism. The type of media filters that used for this process are broken tiles, bioballs, and gravel stones. Besides, the variation of aeration's debit are 3,5 L/minutes; 7 L/minutes. The process of biofilter reactor will observe the main parameter of organic load's pollutants, these values are Chemical Oxygen Demands (COD), Total Suspended Solid (TSS), and decolouring.

All parameters that reduced from this biofilter process are got satisfying values that all parameters get high removal efficiency. From this process able to remove 91,67% efficiency of COD, 88,89% efficiency to remove TSS, and 82,66% to remove

colour of the water (decolouring). The best combination of these variation above is using bioballs and debit for aeration 7 L/minutes.

**Key Words:** Water used from jeans washing, biofilter, types of media, aeration debit.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, berkah, dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan judul “Studi Pengolahan Limbah Air Bekas Pencucian Jeans dengan Metode Biologis Skala Laboratorium” ini dibuat dalam rangka memenuhi prasyarat kelulusan sarjana Teknik Lingkungan ITS. Dalam penulisan laporan ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis antara lain:

1. Orang tua dan adik tercinta yang telah memberi dukungan, doa, dan menjadi motivasi terbesar dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih atas segala hal yang diberikan.
2. Dosen Pembimbing Tugas akhir, Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes, terima kasih atas segala ilmu, nasehat, arahan, dan motivasinya dalam membimbing penulis.
3. Dosen Pengarah Tugas Akhir, Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ph.D., Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., Ph.D., Ibu Harmin Sulistiyaning Titah ST., MT., Ph.D., terima kasih atas segala arahan dan bimbingannya dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Ichsan, selaku pemilik usaha pencucian jeans yang sudah membantu untuk kelancaran penelitian tugas akhir ini.
5. Gerry Prasetyo, terima kasih atas ketersediaannya dalam segala hal baik ketika senang maupun sedih, selalu memberi dukungan, motivasi, dan pengingat untuk selalu belajar dan berkembang.
6. Teman seperjuangan dalam penyelesaian tugas akhir ini, Rani, Zaza, Milla, Ida, Alfendha, Alvin, Akbar, Maul, terima kasih atas dukungan, bantuan, dan kebahagiaan yang selalu menyertai kita disela penatnya perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini.
7. Sustika, Aci, dan Uhib, sahabat sedari kecil penulis yang selalu memberi dukungan, motivasi, dan menjadi tempat saling berkeluh kesah dari nol hingga sekarang sedang bergelut dalam mimpi masing-masing.

8. Iqball, Iwan, Ucha, Syifa, Okti, Renda, dan Ojan, teman bermain penulis yang selalu memberi keceriaan dan *recharge* semangat disela penatnya perkuliahan.
9. Teman-teman Envijoyo yang selalu setia membantu, dan memberikan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir dan urusan perkuliahan.

Penulis menyadari masih banyak kekurnagan dalam penulisan laporan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis menerima kritik dan saran yang membangun sehingga nantinya dapat lebih baik dalam pengembangan penelitian. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

# DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Proses Pencucian Jeans .....	5
2.2 Karakteristik Air Limbah Pencucian Jeans .....	6
2.3 Pengolahan Air Bekas Pencucian Jeans dengan Biofilter ..	8
2.3.1 Media Biofilter .....	12
2.3.2 Jenis Media Biofilter.....	14
2.4 Biofilm .....	15
2.5 Penelitian Terdahulu.....	17
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Kerangka Penelitian .....	21
3.2 Tahapan Penelitian.....	21
3.3 Persiapan Alat Dan Bahan .....	24
3.4 Analisis Kandungan Air Limbah Bekas Pencucian Jeans.	28
3.5 Tahap Seeding dan Aklimatisasi Media .....	28
3.6 Penelitian Utama .....	29
3.7 Pengambilan Sampel dan Titik Sampling.....	30
3.8 Hasil dan Pembahasan .....	30
3.9 Kesimpulan .....	31
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1 Penelitian Pendahuluan.....	33
4.2 Persiapan Reaktor .....	34

4.3 Tahap <i>Seeding</i> dan Aklimatisasi .....	36
4.4 Pelaksanaan Penelitian Utama ( <i>Running</i> ) .....	43
4.4.1 Hasil Penurunan Kandungan COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....	43
4.4.1.1 Analisis Penurunan Kandungan COD pada Media Pecahan Genteng.....	44
4.4.1.2 Analisis Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball .....	50
4.4.1.3 Analisis Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil .....	58
4.4.2 Hasil Penurunan Kandungan TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ).....	65
4.4.2.1 Analisis Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng.....	66
4.4.2.2 Analisis Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball .....	73
4.4.2.3 Analisis Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil .....	79
4.4.3 Hasil Penurunan Kandungan Warna .....	87
4.4.3.1 Analisis Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng.....	92
4.4.3.2 Analisis Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball .....	99
4.4.3.3 Analisis Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil .....	106
4.3 Rasio BOD/COD.....	114
4.4 <i>Dissolve Oxygen</i> .....	115
4.5 Hubungan Antara Parameter COD, TSS, dan Warna.....	116
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>117</b>
5.1 Kesimpulan .....	117
5.2 Saran .....	117
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>119</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>BIOGRAFI PENULIS</b>	



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Efluen Air Limbah Pencucian Jeans Industri “X” .....	8
Tabel 2. 2 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter .....	14
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu .....	18
Tabel 3. 1 Variabel untuk Pengolahan Biologis.....	24
Tabel 4. 1 Hasil Analisa Parameter Awal.....	34
Tabel 4. 2 Spesifikasi Reaktor Biofilter.....	34
Tabel 4. 3 Hasil Analisis <i>Permanganat Value</i> pada Media Pecahan Genteng.....	37
Tabel 4. 4 Hasil Analisis <i>Permanganat Value</i> pada Media Bioball .....	39
Tabel 4. 5 Hasil Analisis <i>Permanganat Value</i> pada Media Kerikil .....	40
Tabel 4. 6 Hasil Penurunan kandungan COD Media Pecahan Genteng Tanpa Aerasi .....	44
Tabel 4. 7 Hasil Penurunan kandungan COD Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	46
Tabel 4. 8 Hasil Penurunan kandungan COD Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit .....	48
Tabel 4. 9 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball Tanpa Aerasi .....	51
Tabel 4.10 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	53
Tabel 4.11 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit .....	55
Tabel 4.12 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil Tanpa Aerasi .....	58
Tabel 4.13 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	60
Tabel 4.14 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit .....	62
Tabel 4.15 Efisiensi removal COD maksimum tiap Media .....	64

Tabel 4.16 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng Tanpa Aerasi .....	66
Tabel 4.17 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .	68
Tabel 4.18 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit ....	70
Tabel 4.19 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball Tanpa Aerasi .....	73
Tabel 4.20 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	75
Tabel 4.21 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit .....	77
Tabel 4.22 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil Tanpa Aerasi .....	80
Tabel 4.23 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	82
Tabel 4.24 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit .....	84
Tabel 4.25 Efisiensi removal TSS maksimum tiap Media .....	87
Tabel 4.26 Nilai Adsorbansi untuk Masing-masing Panjang Gelombang (600 nm-700 nm) .....	89
Tabel 4.27 Nilai Adsorbansi untuk Masing-masing Panjang Gelombang (660 nm-670 nm) .....	90
Tabel 4.28 Nilai Adsorbansi untuk Masing-masing Konsentrasi Limbah .....	91
Tabel 4.29 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng Tanpa Aerasi .....	93
Tabel 4.30 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .	94
Tabel 4.31 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit ....	96
Tabel 4.32 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball Tanpa Aerasi .....	100

Tabel 4.33 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	102
Tabel 4.34 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit .....	103
Tabel 4.35 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil Tanpa Aerasi .....	107
Tabel 4.36 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	109
Tabel 4.37 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit .....	111
Tabel 4.38 Efisiensi removal warna maksimum tiap Media .....	114
Tabel 4.39 Rasio BOD/COD pada Air Bekas Pencucian Jeans	115
Tabel 4.40 Nilai Oksigen Terlarut pada Air Bekas Pencucian Jeans .....	115

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Mekanisme Proses Metabolisme dalam Sistem Biofilm (Said, 2000) .....	10
Gambar 2. 2	Biofilm .....	15
Gambar 2. 3	Perkembangan Pembentukan Biofilm .....	16
Gambar 3. 1	Kerangka Penelitian untuk Pengolahan Biologis.....	23
Gambar 3. 2	Tampak Atas Biofilter .....	26
Gambar 3. 3	Sketsa Reaktor Biofilter .....	27
Gambar 3. 4	Dimensi Media Biofilter.....	28
Gambar 4. 1	Rangkaian Media Reaktor.....	35
Gambar 4. 2	Bak Penampung Air Limbah.....	35
Gambar 4. 3	Media yang Sudah Ditumbuhi Biofilm .....	37
Gambar 4. 4	Persentase Penurunan Bilangan Permanganat Pada Media Pecahan Genteng .....	38
Gambar 4. 5	Persentase Penurunan Bilangan Permanganat Pada Media Bioball .....	40
Gambar 4. 6	Persentase Penurunan Bilangan Permanganat Pada Media Kerikil .....	41
Gambar 4. 7	Perbandingan Persentase Nilai Bilangan Permanganat .....	42
Gambar 4. 8	Persentase Removal COD pada Media Pecahan Genteng dengan Tanpa Aerasi .....	45
Gambar 4. 9	Persentase Removal COD pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	47
Gambar 4.10	Perbandingan Persentase Removal COD pada Media Pecahan Genteng dengan Variasi Debit Aerasi .....	50
Gambar 4.11	Persentase Removal COD pada Media Bioball dengan Tanpa Aerasi .....	52
Gambar 4.12	Persentase Removal COD pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit.....	54
Gambar 4.13	Perbandingan Persentase Removal COD pada Media Bioball dengan Variasi Debit Aerasi .....	57
Gambar 4.14	Persentase Removal COD pada Media Kerikil dengan Tanpa Aerasi .....	59

Gambar 4. 15	Persentase Removal COD pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	61
Gambar 4. 16	Perbandingan Persentase Removal COD pada Media Kerikil dengan Variasi Debit Aerasi .....	64
Gambar 4. 17	Persentase Removal TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Tanpa Aerasi .....	67
Gambar 4. 18	Persentase Removal TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	69
Gambar 4. 19	Perbandingan Persentase Removal TSS pada Media Genteng dengan Variasi Debit Aerasi .....	72
Gambar 4. 20	Persentase Removal TSS pada Media Bioball dengan Tanpa Aerasi .....	74
Gambar 4. 21	Persentase Removal TSS pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	76
Gambar 4. 22	Perbandingan Persentase Removal TSS pada Media Bioball dengan Variasi Debit Aerasi .....	79
Gambar 4. 23	Persentase Removal TSS pada Media Kerikil dengan Tanpa Aerasi .....	81
Gambar 4. 24	Persentase Removal TSS pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	83
Gambar 4. 25	Perbandingan Persentase Removal TSS pada Media Kerikil dengan Variasi Debit Aerasi .....	86
Gambar 4. 26	Kurva Adsorbansi Panjang Gelombang Optimum	90
Gambar 4. 27	Kurva Kalibrasi Penurunan Kandungan Warna pada Limbah Pencucian Jeans .....	91
Gambar 4. 28	Persentase Removal Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Tanpa Aerasi .....	94
Gambar 4. 29	Persentase Removal TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	95
Gambar 4. 30	Perbandingan Persentase Removal Warna pada Media Genteng dengan Variasi Debit Aerasi .....	99
Gambar 4. 31	Persentase Removal Warna pada Media Bioball dengan Tanpa Aerasi .....	101
Gambar 4. 32	Persentase Removal Warna pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit .....	103
Gambar 4. 33	Perbandingan Persentase Removal Warna pada Media Bioball dengan Variasi Debit Aerasi .....	106
Gambar 4. 34	Persentase Removal Warna pada Media Kerikil dengan Tanpa Aerasi .....	108

Gambar 4. 35 Persentase Removal Warna pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit.....	110
Gambar 4. 36 Perbandingan Persentase Removal Warna pada Media Kerikil dengan Variasi Debit Aerasi .....	113

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil utama tekstil untuk memenuhi kebutuhan primer masyarakat Indonesia berupa sandang. Kemajuan zaman turut serta meningkatkan teknologi dalam pembuatan kebutuhan sandang sesuai permintaan konsumen. Keberadaan industri tekstil di Indonesia semakin berkembang pesat dalam segala sisi, seperti halnya industri skala kecil dan rumah tangga. Namun harus diakui bahwa masih banyak industri tekstil yang hingga saat ini masih kurang memperhatikan masalah air buangan bekas proses pengolahan tekstilnya sehingga dapat mencemari lingkungan. (Said, 2005).

Industri pencelupan dan pencucian jeans termasuk salah satu industri yang banyak menghasilkan limbah cair. Industri pencucian jeans adalah industri yang dengan proses pencucian dan pelunturan jeans sebelum dilakukan pewarnaan jeans sesuai dengan keinginan konsumen. Hasil buangan dari proses pencucian jeans ini merupakan limbah cair yang memiliki kandungan zat warna, padatan tersuspensi, dan juga zat organik. (Caundhary, 2009). Limbah cair ini secara fisik berwarna biru, berbau kaporit yang menyengat, busa berwarna, dan zat-zat tersuspensi berupa batu apung sisa proses pelunturan jeans. (Said, 2005). Bahan kimia yang menjadi masalah pencemaran pada badan air buangan tersebut adalah pemakaian detergen dan softener sebagai bahan pencuci. Selain itu, tingginya kandungan zat pewarna. Pada proses pencucian jeans akan menghasilkan limbah zat warna sisa proses *bleaching* atau pelunturan. Zat pewarna tekstil terdiri dari senyawa azo dan gugus benzana. (Lee dan Nikraz, 2015). Bahan pewarna ini mengandung logam berat dan pencemar organik yang dinyatakan oleh tingginya BOD dan COD. (Christina dan Santoso, 2007).

Salah satu industri pencucian jeans di Surabaya terletak di daerah Pesapen Selatan, Surabaya. Industri pencucian jeans "X" ini merupakan industri skala rumah tangga yang hanya beroperasi ketika ada pekerjaan pencucian jeans dari konveksi maupun

pemesanan dari pelanggan. Namun pada tahun 2017 industri ini terkena denda/ teguran dari DLH Kota Surabaya karena effluen limbah dari proses pencucian jeans melebihi baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Gubernur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu limbah industri tekstil. Pada hasil pengujian oleh DLH didapatkan TSS sebesar 3350 mg/L dan COD sebesar 10876 mg/L. Peningkatan konsentrasi beban polutan pada badan air dapat menimbulkan terjadinya proses eutrofikasi. (Jianbin, 2017). Eutrofikasi merupakan pengkayaan air dengan nutrient/ unsur hara yang berupa bahan anorganik yang dibutuhkan oleh tumbuhan, mengakibatkan terjadinya peningkatan produktivitas primer perairan (Conley et. al, 2009). Kondisi eutrofik dan COD yang tinggi akan mengakibatkan menurunnya kualitas air, dan terganggunya biota air.

Berdasarkan kondisi tersebut dibutuhkan upaya untuk mengolah air limbah bekas pencucian jeans yang efektif dan efisien untuk mereduksi beban polutan limbah agar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Untuk menurunkan konsentrasi beban pencemar pada industri pencucian jeans agar masih sesuai baku mutu dan aman dibuang ke badan air/ lingkungan perlu dilakukan penelitian baik secara fisik, kimia, maupun biologis. Dengan hasil uji laboratorium yang menyatakan bahwa COD sebesar 10876 mg/L dan BOD sebesar 4368 mg/L, maka didapatkan hasil BOD/COD sebesar 0,4. Menurut Lee dan Nikraz (2015), air limbah yang mempunyai nilai rasio BOD/COD 0,3-0,8 dapat diolah dengan cara biologis. Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah biofilter. Biofilter merupakan suatu unit pengolahan limbah cair dengan menggunakan mikroorganisme terlekat dan disuplai kebutuhan oksigen secara kontinyu. (Pamungkas, 2015). Mikroorganisme yang tumbuh melekat pada media mendegradasi polutan organik, dengan kondisi oksigen terlarut yang optimal di dalam air.

Setelah didapatkan hasil analisis dari pengoperasian reaktor biofilter, maka akan didapatkan alternatif pengolahan sederhana untuk mengurangi kandungan polutan pada air bekas pencucian jeans sehingga dapat dibuang ke badan air penerima dengan aman.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa tingkat penurunan COD, TSS, dan warna pada air bekas pencucian jeans menggunakan biofilter?
2. Bagaimana pengaruh jenis media biofilter dan variasi debit aerasi terhadap penurunan kandungan COD, TSS, dan warna pada air limbah menggunakan pengolahan reaktor biofilter?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tingkat penurunan COD, TSS, dan warna pada air bekas pencucian jeans menggunakan biofilter.
2. Menganalisis pengaruh jenis media biofilter dan debit aerasi terhadap penurunan kandungan COD, TSS, dan warna.

## 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
- Limbah air bekas pencucian jeans yang digunakan berasal dari industri rumah tangga "X" di Pesapen, Surabaya Utara
- Perencanaan operasi reaktor biofilter dengan aliran downflow secara kontinyu.
  - Dimensi reaktor: panjang = 20 cm; lebar = 20 cm; tinggi = 80 cm
  - Tinggi media = 60 cm
  - Tinggi muka air = 5 cm
  - Head pompa = 3 m
- Digunakan variasi media filter dan variasi debit aerasi.
  - Media filter = pecahan genteng, bioball, dan kerikil
  - Debit aerasi = tanpa aerasi, 3,5 L/menit; 7 L/menit.
- Parameter yang diuji adalah COD, TSS, dan warna.
- Penelitian dilakukan pada laboratorium Teknik Lingkungan ITS Surabaya.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan didapat pada penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai tingkat penurunan COD, TSS, dan warna pada air bekas pencucian jeans.
2. Memberikan alternatif pengolahan sederhana untuk mengurangi kandungan polutan pada industri pencucian jeans yang sejenis.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Proses Pencucian Jeans**

Industri pencucian jeans merupakan salah satu bagian dari industri tekstil. Industri ini bergerak dalam bidang pencucian jeans pelunturan jeans. Keberadaan industri ini sejalan dengan meningkatnya komoditi pakaian jadi di Indonesia. Menurut Said (2005), berdasarkan proses kegiatannya, industri pencucian jeans dibagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut:

1. Proses pencucian (*Garment Wash*)

Proses ini bertujuan untuk membuang kanji dengan maksud melemaskan pakaian jeans yang masih kaku.. Pada proses *Garment Wash* ini suhu diusahakan 40°C-50°C dan pakaian digiling dalam mesin selama 1-2 jam. Proses pencucian ini digunakan dengan kapasitas 120 potong celana jeans.

2. Proses Pelunturan

Setelah proses pelemasan atau pencucian, kemudian dilakukan proses pelunturan atau pemucatan jeans dengan maksud melunturkan warna asli jeans menjadi warna dasarnya atau lebih pucat dari warna aslinya. Waktu yang dibutuhkan adalah 1 jam. Proses pelunturan ada dua macam, yakni:

- (a) Proses *Stone Wash*, yaitu proses pelunturan warna pakaian jadi jeans dengan menggunakan bahan yang sama dengan batu apung sebagai bahan penggosok atau peluntur.

- (b) Proses *Stone Bleaching*, yaitu proses pelunturan warna pakaian jadi selain menggunakan bahan yang sama dengan stone wash juga ditambah dengan Sodium hipochlorite yang berfungsi untuk pemutih. Penggunaan Sodium hipochlorite ini tidak banyak tentunya tergantung permintaan (sesuai dengan warna putih yang di inginkan).

### 3. Proses pembilasan

Setelah proses pencucian dan pelunturan maka dilakukan proses pembilasan dimana dengan menggunakan softener sebagai pelembut. Suhu disesuaikan tetap 30°C dan dapat diputar selama 30 menit.

### 4. Proses Pemerasan

Proses pemerasan adalah proses untuk menghilangkan air dari pakaian jadi jeans. Proses ini bertujuan untuk mempercepat proses pengeringan. Pada proses pemerasan ini digunakan mesin ekstrator yang berkapasitas 120 potong pakaian yang diputar selama 15 menit.

### 5. Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses yang dilakukan setelah pakaian jadi telah mengalami proses pembilasan dengan maksud untuk mengeringkan pakaian jadi jeans. Proses pengeringan dapat dilakukan melalui penjemuran dengan sinar matahari maupun menggunakan mesin pengering berupa oven yang prinsip kerjanya memutarakan pakaian jadi jeans pada mesinnya hingga kering. Proses ini memerlukan waktu sekitar 45 menit - 1 jam.

## 2.2 Karakteristik Air Limbah Pencucian Jeans

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologis (Metcalf and Eddy, 2003). Menurut Junaidi dan Hatmanto (2006) air limbah air limbah yang dihasilkan dari pencucian jeans terdiri beberapa parameter pencemar antara lain sebagai berikut:

### 1. Karakteristik Fisika

#### a. Total Solid (TS)

Padatan terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang dapat larut, mengendap atau tersuspensi. Bahan ini pada akhirnya akan mengendap di dasar air

sehingga menimbulkan pendangkalan pada dasar badan air penerima

b. Total Suspended Solid (TSS)

Merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

c. Warna

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

## 2. Karakteristik Kimia

a. Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological oxygen demand atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah atau mendegradasi atau mengoksidasi limbah organik yang terdapat didalam air.

b. Chemical Oxygen Demand (COD)

Merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. COD dinyatakan dalam ppm (part per milion). (Metcalf and Eddy, 2003)

c. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan bahan pencemar yang banyak ditemukan di berbagai perairan, salah satu sumber pencemarnya adalah dari industri tekstil.

d. Logam Berat

Logam berat bila konsentrasinya berlebih dapat bersifat toksik sehingga diperlukan pengolahan limbah lebih lanjut untuk menangani logam berat.

## 3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah (Santoso, 2014). Pengolahan air limbah secara biologis dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang melibatkan kegiatan mikroorganisme dalam air untuk melakukan transformasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam air menjadi bentuk atau senyawa lain.

Mikroorganisme mengkonsumsi bahan-bahan organik membuat biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya (Chana, et al, 2017).

Pada industri pencucian jeans “X” telah dilakukan uji laboratorium dari untuk mengetahui beban polutan pada efluen pengolahan limbah air bekas pencucian jeans. Parameter yang diuji dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1 Efluen Air Limbah Pencucian Jeans Industri “X”**

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Efluen Air Limbah	Keterangan
Suhu	°C	-	27,3	
pH	-	6 – 9	6,10	
TSS	mg/L	50	3350	Melebihi
BOD	mg/L	60	4368	Melebihi
COD	mg/L	150	10876	Melebihi
Phenol	mg/L	0,5	0,180	
Cr-total	mg/L	1	0,158	
Minyak dan lemak	mg/L	3	10,7	Melebihi
NH <sub>3</sub> -N (total amonia)	mg/L	8	5,9	
Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	0,3	0,02	

Sumber: DLH Kota Surabaya, 2017

Baku mutu yang digunakan pada pengujian laboratorium ini mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah untuk industri tekstil.

## **2.3 Pengolahan Air Bekas Pencucian Jeans dengan Biofilter**

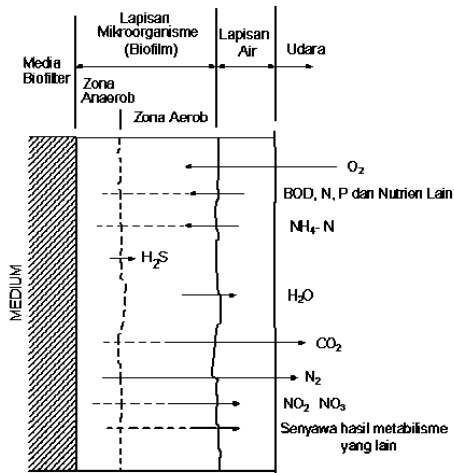
Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang telah diisi dengan media penyangga untuk pengembangbiakan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Untuk proses anaerobik dilakukan tanpa pemberian udara atau oksigen (Herlambang dan Marsidi, 2003).



Berdasarkan kriteria desain biofilter menurut Said (2008), HRT desain biofilter aerob adalah 6-8 jam. Sedangkan menurut Said (2005) dalam penelitiannya, biofilter aerob untuk meremoval limbah pencucian jeans dengan media bioball diameter 4 cm, dengan variasi waktu tinggal 1-3 hari menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 80-93%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi penghilangan dipengaruhi oleh waktu tinggal hidrolis di dalam reaktor atau beban pengolahan (beban organik). Semakin lama waktu tinggal hidrolis di dalam reaktor atau semakin besar beban pengolahan maka efisiensi penghilangan semakin kecil. Menurut Sulaiman dan Satrio (2016), HRT (*Hydraulic Retention Time*) berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi COD seiring dengan bertambahnya HRT. Hal ini disebabkan semakin lama waktu tinggal hidrolis maka akan semakin lama pula air limbah berada didalam sistem, mengakibatkan waktu kontak antara mikroba dalam reaktor dengan limbah akan semakin lama. Dengan demikian proses degradasi aerob berlangsung semakin baik.

Biofilter yang baik adalah menggunakan prinsip biofiltrasi yang memiliki struktur menyerupai saringan dan tersusun dari tumpukan media yang disusun baik secara teratur maupun acak di dalam suatu biofilter. Adapun fungsi dari media yaitu sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri yang akan melapisi permukaan media membentuk lapisan massa yang tipis (*biofilm*). Menurut Slamet dan Masduqi (2000), proses pembentukan dan kolonisasi biofilm diawali dengan produksi slime dan kapsul bakteri yang menempel pada permukaan media. Proses penempelan berlangsung sangat cepat dan bakteri *Z. Ramigera* adalah seringkali pembentuk koloni awal. Pembentukan koloni oleh bakteri heterotrof lain seperti *pseudomonas*, *flavobacterium*, dan *alcaligenes* juga berjalan cepat. Selama 5 hari komposisi bakteri pada biofilm akan terdiri dari bermacam-macam kumpulan bakteri, jenis-jenis filament yang dominan. Setelah periode waktu yang lebih lama dari satu minggu, akan ditumbuhi jamur seperti *fusarium*, *geotricum*, dan *sporotricum* akan tampak yang akan ikut berperan dalam penurunan kandungan BOD dalam air limbah. Lapisan biofilm yang sudah matang atau terbentuk sempurna akan tersusun dalam tiga kelompok bakteri: lapisan paling luar adalah sebagian besar berupa jamur, lapisan tengah adalah jamur dan algae, dan lapisan paling dalam adalah bakteri, jamur, dan algae.

Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara aerobik secara sederhana dapat diterangkan seperti pada Gambar 2.1. Gambar tersebut menunjukkan suatu sistem biofilm yang terdiri dari medium penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan alir limbah dan lapisan udara yang terletak diluar. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, misalnya senyawa organik (BOD, COD), ammonia, fosfor dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan dengan menggunakan oksigen yang terlarut di dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa.



**Gambar 2. 1 Mekanisme Proses Metabolisme dalam Sistem Biofilm (Said, 2000)**

Menurut Said (2005), jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H<sub>2</sub>S, dan jika konsentrasi

oksigen terlarut cukup besar, maka gas  $H_2S$  yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat ( $SO_4$ ) oleh bakteri sulfat yang ada di dalam biofilm. Selain itu, pada zona aerobik nitrogen–ammonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen.

Menurut Cicek (2003), jika biofilter sudah stabil dan matang, biomassa bakteri akan bertambah secara stabil dan lapisan bakteri yang menutupi permukaan media menjadi tebal. Dengan bertambah tebalnya lapisan, hanya bakteri yang berada di lapisan paling luar bekerja secara maksimal.

### **2.3.1 Mekanisme Kinerja Biofilter**

Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilm atau biofilter dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media untuk perkembangbiakkan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Posisi media biofilter dibawah permukaan air. Menurut Hasan dkk (2015), biofilter adalah salah satu pengolahan biologis dalam sistem pengolahan air limbah. Sistem unit ini terdiri dari media tumbuh mikroorganisme pada media dan dilengkapi dengan sistem aerasi.

Cara kerja biofilter yaitu oksigen dan nutrisi yang dibawa oleh air yang akan diolah terdifusi menembus lapisan biofilm sampai kepada lapisan sel yang paling dalam yang tidak dapat ditembus oleh oksigen dan nutrisi. Setelah beberapa lama, terjadi stratifikasi menjadi lapisan aerobik tempat oksigen masih dapat terdifusi dan lapisan anaerobik yang tidak mengandung oksigen. Ketebalan kedua lapisan ini bervariasi tergantung jenis reaktor dan material pendukungnya (Wang et al., 2010).

Sistem penguraian zat organik secara aerob umumnya dioperasikan secara kontinyu. Menurut Jennsen (2010), Persamaan umum reaksi penguraian zat organik secara aerob adalah sebagai berikut:

Bahan organik +  $O_2$  + (mikroba aerob)  $\rightarrow$   $CO_2$  +  $H_2O$  + sel baru + energi + produk lainnya.

### 2.3.2 Media Biofilter

Media biofilter yang digunakan secara umum dapat berupa bahan material organik atau bahan material anorganik. Untuk media biofilter dari bahan organik misalnya dalam bentuk tali, bentuk jaring, bentuk butiran tak teratur (random packing), bentuk papan (plate), bentuk sarang tawon dan lain-lain. Sedangkan untuk media dari bahan anorganik misalnya batu pecah (split), kerikil, batu marmer, batu tembikar, batu bara (kokas) dan lain sebagainya. (Kumar et al, 2013)

Menurut Said (2008), terdapat beberapa kriteria pemilihan media biofilter, antara lain:

1. Luas Permukaan Spesifik  
Luas permukaan spesifik adalah ukuran seberapa besar luas area yang aktif secara biologis tiap satuan volume media. Secara umum sebagian besar media biofilter mempunyai nilai antara  $100-820 \text{ m}^2/\text{m}^3$
2. Fraksi Media Rongga  
Adalah presentase ruang atau volume terbuka dalam media (porositas). Fraksi volume rongga bervariasi dari 15% sampai 98%.

Menurut Slamet dan Masduqi (2000), faktor yang mempengaruhi proses biofilter yaitu:

1. Pengaruh temperatur  
Temperatur memberikan pengaruh pada proses pertumbuhan biofilm. Laju nutrisi dan oksigen meningkat seiring dengan naiknya temperatur namun disisi lain laju kelarutan oksigen menurun. Pengaruh temperatur pada proses nitrifikasi telah dikaji bahwa pada *attached growth* dapat mencapai laju nitrifikasi 70% pada range temperatur  $25-30^\circ\text{C}$ . Selain itu temperatur dapat mempengaruhi kecepatan transfer gas dan karakteristik pengendapan lumpur.
2. Pengaruh Oksigen Terlarut  
Memberi pengaruh terhadap pertumbuhan bakteri aerobik dalam pengolahan biologis. Kehadiran oksigen terlarut dalam jumlah yang cukup diperlukan untuk proses oksidasi dan sintesa sel. Dalam oksidasi oksigen bertujuan untuk menjadi elektron akseptor. Selain itu oksigen terlarut juga diperlukan untuk oksidasi nitrogen organik dan ammonia.

Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam air tersebut (Salmin, 2015).

3. Pengaruh pH

Mempengaruhi kecepatan pertumbuhan biomassa. pH operasi secara umum untuk proses biologis berkisar 6,5-7,2.

4. Beban Hidrolik

Digunakan untuk menjelaskan debit atau kapasitas pengolahan per satuan volume atau persatuan luas permukaan filter. Beban hidrolik berpengaruh secara langsung pada waktu kontak dan waktu tinggal air limbah secara keseluruhan di dalam reaktor. Sehingga beban hidrolik menjadi salah satu parameter efisiensi oksidasi. Pada sistem Biofilter, beban hidrolik yang disyaratkan sebesar  $1-10 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$ .

5. Pengaruh beban organik

Berdasarkan beban organiknya, pengolahan biofilter dibagi menjadi 2 yaitu rendah (*low-rate treatment*) dan tinggi (*high-rate treatment*).

Penggunaan reaktor aerobik memiliki beberapa keunggulan, yaitu pengoperasian yang mudah karena tidak diperlukan sirkulasi lumpur, lumpur yang dihasilkan relatif kecil (10-30%) dari BOD yang dihilangkan. Dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan konsentrasi rendah maupun tinggi, tahan terhadap fluktuasi konsentrasi dan pengaruh suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil (Said, 2001).

Pengolahan limbah cair secara biologis dapat dibedakan berdasarkan pertumbuhan mikroorganisme, yaitu biakan tersuspensi dan biakan melekat.

1. Biakan tersuspensi (*suspended growth processes*)

Proses pengolahan air limbah dengan keadaan mikroorganisme tersuspensi pada air limbah yang akan diolah. Mikroorganisme akan tumbuh dan berkembang dalam keadaan tersuspensi pada limbah cair secara menyeluruh. Contoh: lumpur aktif, dan kolam oksidasi. Efisiensi penurunan BOD 80%-90% (Metcalf dan Eddy, 2003).

2. Biakan melekat (*attached growth processes*)

Biakan melekat adalah pengolahan dengan memanfaatkan mikroorganisme yang membentuk lapisan film yang menempel pada media penyangga untuk menguraikan zat organik (Chaundhary et al, 2009). Air limbah akan kontak dengan media penyangga dan terjadi reaksi biologis sehingga dapat menurunkan kandungan polutan pada air limbah. Media penyangga dapat berupa media yang bergerak (*rotating biological contactor*, *fluidized bed*); maupun diam (*trickling filter*).

### 2.3.3 Jenis Media Biofilter

Menurut Said (2001) Untuk pemilihan media biofilter dapat menggunakan batu alam yang memiliki rongga yang besar, dan luas permukaan yang luas pula. Sedangkan dari bahan organik banyak yang dibuat dengan cara dicetak dari bahan tahan karat dan ringan misalnya PVC dan lainnya, dengan luas permukaan spesifik yang besar dan volume rongga (porositas) yang besar, sehingga dapat melekatkan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dengan resiko kebuntuan yang sangat kecil. Dengan demikian memungkinkan untuk pengolahan air limbah dengan beban konsentrasi yang tinggi serta efisiensi pengolahan yang cukup besar. Salah Satu contoh media biofilter yang banyak digunakan yakni media dalam bentuk sarang tawon (*honeycomb tube*) dari bahan PVC. Beberapa contoh perbandingan luas permukaan spesifik dari berbagai media biofilter dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2. 2 Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter**

No	Jenis Media	Luas permukaan spesifik ( $\text{m}^2/\text{m}^3$ )
1	Trickling Filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul Sarang Tawon ( <i>honeycomb modul</i> )	150-240
3	Tipe Jaring	50
4	RBC	80-150
5	Bio-ball (random)	200 - 240

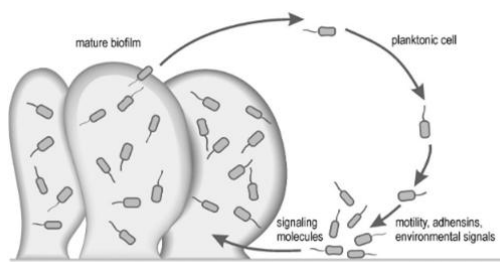
Sumber: Said, 2001

## 2.4 Biofilm

Menurut Rittman (2002), biofilm adalah sekumpulan agregat dari mikroorganisme/ produk ekstraselular yang melekat pada permukaan padat. Sedangkan menurut Herlambang (2002), Biofilm adalah kumpulan sel mikroorganisme, khususnya bakteri yang melekat di suatu permukaan dan diselimuti oleh pelekat karbohidrat yang dikeluarkan oleh bakteri. Biofilm terbentuk karena mikroorganisme cenderung menciptakan lingkungan mikro dan relung) mereka sendiri. Biofilm memerangkap nutrisi untuk pertumbuhan populasi mikroorganisme dan membantu mencegah lepasnya sel-sel dari permukaan pada sistem yang mengalir.

Apabila pada media terbentuk lapisan lendir yang berwarna hitam kecoklatan-coklatan serta tidak mudah terlepas dari media, maka dapat dipastikan bahwa telah tumbuh mikroorganisme pada media. Sampai mikroorganisme tumbuh diperlukan waktu selama 2 minggu. Hal tersebut dilakukan untuk didapatkan hasil sampai terjadi steady state pada kondisi air limbah (Herlambang, 2002).

Adanya senyawa polisakarida ekstraselular yang dihasilkan biofilm dapat memberikan perlindungan sehingga biofilm tahan terhadap senyawa kimia dan suhu tinggi. Umur sel biofilm juga merupakan faktor yang menyebabkan berbedanya ketahanan sel biofilm terhadap senyawa kimia. Semakin lama umur sel biofilm maka ketahanannya terhadap desinfektan semakin tinggi karena terbentuknya beberapa lapis sel biofilm (multilayers) pada substrat (Vasudevan, 2014).



**Gambar 2. 2 Biofilm**

Sumber: Maric dan Vranes, 2007

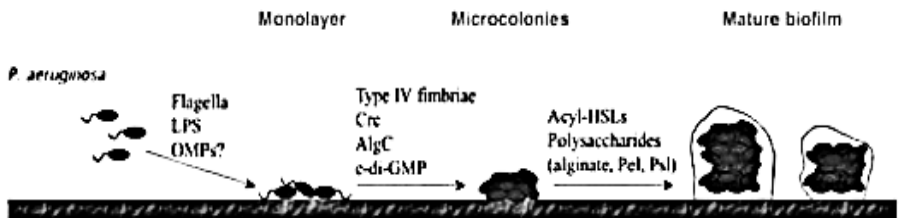
Menurut Sharma et, al (2014), Melalui penempelan satu sel dengan lainnya pada permukaan padat, mikroorganisme mampu memodifikasi sekitarnya (mikro-habitat), membuat penyangga/ buffer untuk mengatasi fluktuasi fisik dan kimia.

Perkembangan pembentukan biofilm mencakup tahapan-tahapan:

1. Struktur ekstraseluler spesifik seperti flagella akan menuju permukaan padat.
2. Sel menempel dan melakukan perkembangbiakan membentuk monolayer.
3. Sel-sel yang telah berkembangbiak dan mengekspresikan gen pengontrol untuk membentuk mikrokoloni.
4. Biofilm matang membentuk jejaring tiga dimensi.
5. Biofilm menyebar dan berkembang sebagai biofilm baru.

Penyebaran sel dari koloni suatu biofilm merupakan tahap penting dari siklus hidup biofilm. Penyebaran memungkinkan biofilm untuk tersebar dan mengkoloni permukaan yang baru. Enzim yang dapat mendegradasi matriks ekstraselular biofilm, seperti B dispersin dan deoxyribonuclease mungkin memainkan peran dalam penyebaran biofilm (Donlan, 2008).

Contoh perkembangan biofilm oleh dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2. 3 Perkembangan Pembentukan Biofilm**

*Sumber: Bioproses Limbah Cair, 2006*

Pada fase pertama sel tunggal berbentuk flagella akan tumbuh dengan lipopolisakarida (LPS) yang berfungsi sebagai endotoksin yang berperan untuk kekebalan, dan OMPs sebagai membran protein di bagian luar lipopolisakarida. Kemudian ketika



flagella mulai menempel ke permukaan padat, mereka membentuk monolayer dan berubah menjadi fimbriae atau pili, dan mengeluarkan gen *AlgC* sebagai interaksi awal dengan substrat untuk menstimulus enzim pertumbuhan biofilm (Homenta, 2016). Kemudian ketika substrat biofilm mulai melekat dengan kuat mulai membentuk mikrokoloni, biofilm menjaga kesatuan bentuknya dengan saling berikatan satu sama lain pada rantai molekul gula yang disebut sebagai EPS atau extracellular polymeri substance, yaitu terbentuknya polimer antar biofilm, sehingga kemungkinan untuk terlepas menjadi sulit. Karena dengan mengekskresikan EPS ini, masing-masing biofilm sangat mungkin saling mendukung untuk berkembang dalam dimensi yang kompleks dan sangat erat (utuh). Kemudian biofilm akan menjadi dewasa dan menyebar menjadi biofilm-biofilm baru (Wahyuni, 2017).

Pertumbuhan biofilm ini bergantung pada substansi matriks bahan yang digunakan. Matriks bahan yang digunakan ini akan menyediakan aseptor elektron bagi mikroba untuk proses oksidasi dalam upaya menghasilkan energi. Selain itu, pembentukan biofilm ini bergantung pada keragaman/variasi jenis mikroba yang tumbuh. Biofilm dapat dibentuk dari satu jenis mikroba saja, namun secara alami hampir semua jenis biofilm terdiri dari campuran berbagai jenis mikroba (Joseph et al., 2016).

Menurut Sanjaya (2010), faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan biofilm adalah sebagai berikut:

1. Material pada permukaan media.
2. Luas area permukaan media.
3. Fraksi media rongga/ porositas pada media.
4. Kecepatan aliran dan *clogging*.
5. Ketersediaan nutrisi.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Referensi yang digunakan sebagai acuan dan bantuan untuk menyelesaikan penelitian ini terdiri dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya seperti yang ada pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu**

No	Penulis	Judul Penelitian	Jenis Limbah	Variasi	Efisiensi
1	Said (2005)	Aplikasi bioball untuk media biofilter studi kasus pengolahan air limbah pencucian jeans	Limbah pencucian jeans	-Waktu tinggal: 24 jam, 48 jam, 72 jam  -Media bioball	Penurunan COD: 83-90%
2	Yahya (2011)	Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan  Biofilter Aerasi Menggunakan Media Bioball Dan  Eceng Gondok ( <i>Eichornia crassipes</i> )	Air tangki septic asrama mahasiswa ITS	-Q aerasi: 7L/hari, 14L/hari  -Media: bioball	Pada Q aerasi 7L/hari removal sebagai berikut: COD 50,8%; Amonium 38,4%; Fosfat 54,8%
3	Pangestuti (2014)	Peningkatan kualitas efluen air limbah di RSUD Dr. M. Soewandhi menggunakan biofilter aerobik	Efluen dari activated sludge IPAL rumah sakit	-Media: kerikil diameter: 10-20 mm  - Ketinggian media: 40 cm	Penurunan COD:  93%
4	Pamungkas (2015)	Studi Kinerja Biofilter Aerob untuk Mengolah Air	Limbah laundry	-Media: pecahan	Penurunan COD:

No	Penulis	Judul Penelitian	Jenis Limbah	Variasi	Efisiensi
		Limbah Laundry		genteng, bioball  -HRT: 48 jam	-pecahan genteng: 93%  -bioball: 88,9%
5	Zahra (2015)	Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik	Limbah rumah makan	-Media: batu kerikil, batu alam  -HRT: 6 jam, 8 jam	Penurunan COD: sebesar 92,95%  Penurunan TSS: 95%  Pada HRT 8 jam
6	Batara, dkk (2017)	Pengaruh Debit Udara dan Waktu Aerasi Terhadap Efisiensi Penurunan Besi dan Mangan Menggunakan Diffuser Aerator pada Air Tanah	Besi dan Mangan	-Debit udara: 2L/menit, 4L/menit, 6L/menit  -Waktu aerasi: 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit	- Penyisihan besi terlarut: 61,9%  - Penyisihan mangan terlarut  sebesar 24,1% dengan debit udara 6 liter/menit pada menit ke-60.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB 3**

### **METODE PENELITIAN**

Metode penelitian berisi tentang beberapa tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir. Hal-hal yang dilakukan diantaranya adalah persiapan penelitian, analisis data dan pembahasan, hingga penarikan kesimpulan. Studi literatur diperoleh dari sumber jurnal penelitian, artikel, dan *text book*. Melakukan penelitian skala laboratorium dengan reaktor yang telah didesain atau direncanakan. Kemudian melakukan analisis data dan pembahasan dari data yang telah didapat. Dengan mengikuti langkah-langkah yang telah disusun dalam metode penelitian ini diharapkan proses pengerjaan tugas akhir akan berjalan dengan sistematis, terarah, dan mengurangi terjadinya kesalahan dalam pelaksanaan.

#### **3.1 Kerangka Penelitian**

Kerangka penelitian merupakan dasar pemikiran dan rangkaian kegiatan untuk melaksanakan penelitian tugas akhir. Penyusunan kerangka penelitian berguna untuk pedoman dalam melakukan studi mulai dari awal hingga akhir penelitian. Tujuan kerangka penelitian adalah sebagai berikut:

1. Gambaran awal dalam tahap penelitian sehingga dapat memudahkan dalam melakukan penelitian serta penulisan laporan. Penulisan laporan menjadi lebih sistematis dan terarah.
2. Memudahkan dalam memahami penelitian yang akan dilakukan.
3. Sebagai pedoman dalam penelitian sehingga kesalahan dapat dihindari.

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini menjelaskan mengenai urutan kerja yang akan dilakukan dalam penelitian. Tahapan penelitian ini mencakup ide penelitian, hal-hal yang perlu dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian, hingga penarikan kesimpulan. Tahapan penelitian menghasilkan kerangka penelitian. Kerangka penelitian tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1.

**Kondisi eksisting:**

1. Nilai Parameter COD pada IPAL industri pencucian jeans sebesar 10768 mg/L. (tinggi)
2. Pengoperasian IPAL di industri "X" pencucian jeans di Surabaya masih belum optimal.

**Kondisi ideal:**

1. Nilai Parameter COD pada IPAL industri pencucian jeans sesuai baku mutu Pergub Jatim No 27 Tahun 2013 sebesar 150 mg/L.
2. Biofilter aerobik dapat menjadi alternatif pengolahan limbah air industri "X" pencucian jeans.

**Rumusan Masalah:**

1. Berapa tingkat penurunan COD, TSS, dan warna pada air limbah bekas pencucian jeans menggunakan reaktor biofilter?
2. Bagaimana pengaruh jenis media biofilter dan debit aerasi terhadap penurunan kandungan BOD, COD, dan TSS pada air limbah menggunakan pengolahan reaktor biofilter?

**Tujuan:**

1. Menentukan tingkat penurunan COD, TSS, dan warna pada air bekas pencucian jeans menggunakan reaktor biofilter.
2. Menganalisis pengaruh jenis media biofilter terhadap debit aerasi pada penurunan kandungan BOD, COD, dan TSS menggunakan reaktor biofilter.

**Variabel**

- Jenis Media
  1. Pecahan genteng
  2. Kerikil
  3. Bioball
- Debit aerasi
  1. 3,5 L/menit
  2. 7 L/menit

**Parameter**

1. COD
2. TSS
3. Warna

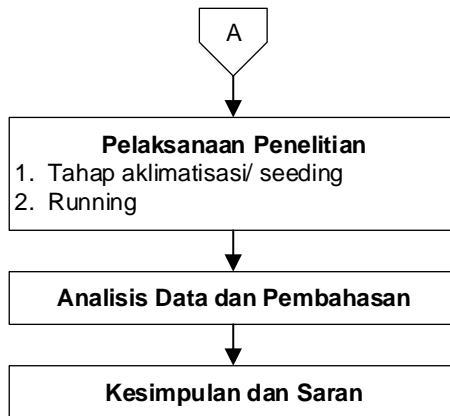
**Alat**

1. Reaktor biofilter 3 buah
2. Bak 50 L 1 buah
3. Bak 30 L 1 buah
4. Ember 1 buah
5. Pompa
6. Pipa PVC
7. Selang
8. Aerator 3 buah

**Bahan**

1. Efluen air limbah pencucian jeans industri "X"
2. Media pecahan genteng, kerikil, bioball
3. Reagen untuk analisis kadar COD, TSS, warna





**Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian untuk Pengolahan Biologis**

### **A. Ide Penelitian**

Tahapan pendahuluan dimulai dengan menetapkan ide penelitian yang diperoleh berdasarkan latar belakang masalah. Latar belakang masalah didapat dengan membandingkan antara kondisi lapangan dengan kondisi seharusnya. Ide penelitian merupakan kerangka awal untuk menetapkan rumusan masalah, yang kemudian diperoleh tujuan serta manfaat dari penelitian. Penelitian dibatasi dengan ruang lingkup agar identifikasi penelitian berfokus pada tujuan yang diharapkan. Ide penelitian ini adalah pengolahan air bekas pencucian jeans dengan metode biologis skala laboratorium.

### **B. Studi Literatur**

Studi literatur bermanfaat untuk membantu serta mendukung ide studi yang meningkatkan pemahaman yang lebih jelas terhadap ide yang akan diteliti. Literatur juga harus tercantum pada analisis dan pembahasan untuk menyesuaikan hasil analisis dengan literatur yang sudah ada (penelitian sebelumnya). Sumber literatur berasal dari jurnal nasional maupun internasional, peraturan, *text book*, makalah seminar, tugas akhir, dan literatur lainnya. Studi literatur pada penelitian ini meliputi karakteristik kandungan air limbah bekas pencucian jeans, parameter

pencemar, teknik mengolah reaktor biofilter, serta pustaka dan penelitian-penelitian yang berhubungan dengan ide penelitian.

### C. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian adalah sesuatu yang dapat divariasikan sehingga menunjang tingkat kepercayaan pada hasil penelitian. Pada penelitian ini variabel bebas (yang divariasikan) adalah jenis media biofilter dan waktu tinggal. Variabel dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Variabel untuk Pengolahan Biologis**

Variasi Media Biofilter	Variasi debit aerasi		
	Variasi 1	Variasi 2	Tanpa aerasi
Pecahan genteng (A)	A1	A2	A3
Kerikil (B)	B1	B2	B3
Bioball (C)	C1	C2	C3

### 3.3 Persiapan Alat Dan Bahan

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor biofilter dengan desain sederhana, yang downflow secara kontinyu. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium yang terbuat dari *acrylic*. Spesifikasi media filter yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Pecahan genteng, media kasar yang berbentuk tidak teratur dengan diameter 1-3 cm. Penelitian terdahulu oleh Pamungkas (2015) menyatakan bahwa dengan menggunakan pecahan genteng dapat meremoval rata-rata sebesar 93,09% COD dari limbah laundry pada usaha laundry di Surabaya.
- Batu kerikil yang digunakan berdiameter 2,5-3 cm. Batu kerikil dipilih untuk menjadi variasi media filter karena batu kerikil relatif murah, mudah didapat, dan pengoperasian dan pemeliharaannya mudah. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Pangestuti (2014) menyatakan bahwa media batu kerikil dengan ketinggian 40 cm didalam reaktor dapat meremoval COD pada efluen dari *activated sludge* IPAL salah satu rumah sakit sebesar 15-93%. Selain itu, penelitian yang telah dilakukan oleh



Rakhmawati (2012) menyatakan bahwa removal COD pada limbah laundry menggunakan media filter batu kerikil cukup baik yaitu mencapai 84%.

- Aerator digunakan untuk menjaga mikroorganisme dalam reaktor tetap dalam kondisi aerob. Dalam penelitian ini dilakukan variasi dalam pemberian suplai oksigen melalui debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dan 7 L/menit sesuai dengan spesifikasi aerator di pasaran. Menurut Schierholz et. al, (2006) semakin tinggi debit udara dan kedalaman air maka semakin tinggi kontak udara dengan air. Dengan demikian, proses oksidasi dengan oksigen dapat menurunkan kadar beban pencemar dalam air limbah. Pada bak influen reaktor dialiri air limbah dengan diberi aerasi sesuai pada variasi, kemudian dialirkan pada media filter agar mikroorganisme yang ada dapat menguraikan beban pencemar dalam air limbah melalui mikroorganisme yang melekat maupun yang tersuspensi pada media filter. Spesifikasi aerator yang digunakan adalah AMARA BS 410.
- Bioball adalah media sintetis untuk proses filtrasi air limbah. Menurut Laksono (2012), media bioball memiliki diameter 3 cm dengan ketinggian 40 cm didalam reaktor dapat meremoval COD dari limbah batik sebesar 41-90%. Menurut Kurniawati (2013), pemasangan dan pemeliharaan media bioball cukup mudah dan tidak membutuhkan tempat yang besar sehingga cocok untuk pengolahan air limbah skala kecil.

Agar reaktor dapat berjalan, diperlukan beberapa alat operasional reaktor yang akan menunjang kinerja reaktor, antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bak Penampung Air Limbah  
Merupakan tempat penampung air limbah sebelum dipompa ke bak pengatur debit.
2. Bak Pengatur Debit  
Tempat yang akan mengalirkan air limbah ke reaktor. Yang telah dilengkapi dengan selang overflow dan selang influen menuju reaktor.
3. Selang overflow

Sebuah penghubung dari bak pengatur debit ke bak pengatur air limbah, yang difungsikan mengalirkan kelebihan air limbah (menjaga ketinggian air bak penhatur debit).

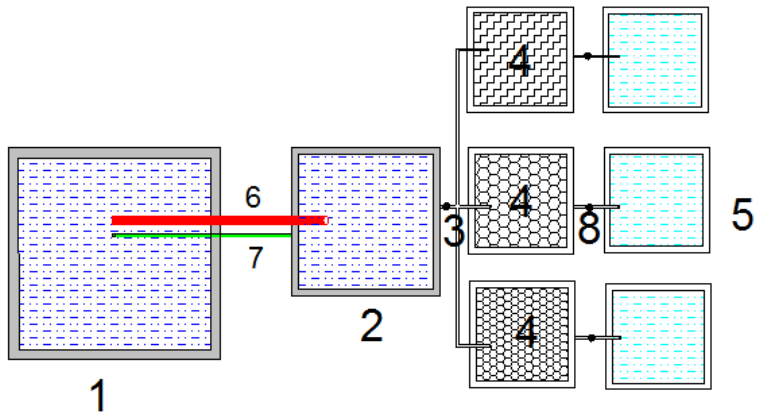
4. Pompa Air

Air limbah dipompa dari bak penampung air limbah ke bak pengatur debit dengan menggunakan pompa air.

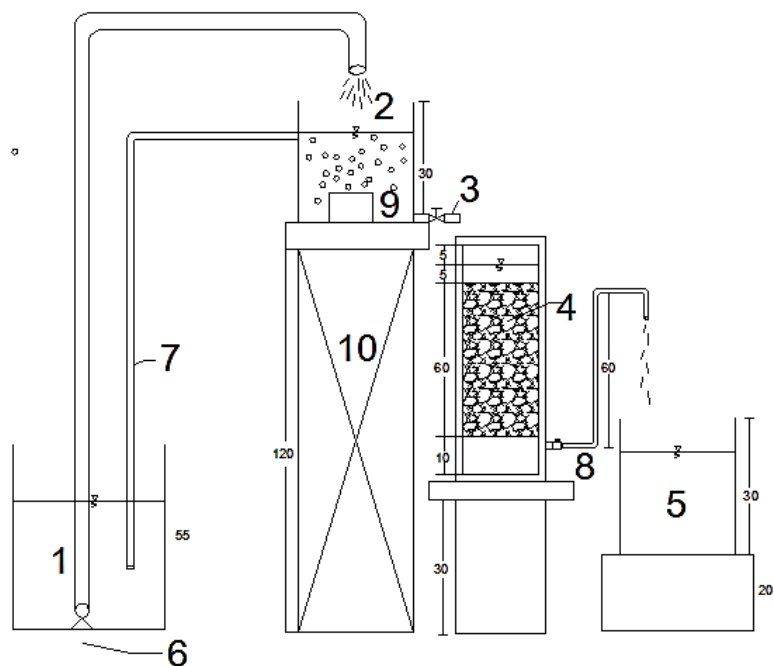
5. Bak Efluen

Untuk menampung hasil efluen pengolahan.

Reaktor biofilter disiapkan dengan dimensi 20 cm x 20 cm x 80 cm, dengan ketinggian dari ketebalan masing-masing jenis media sebesar 60 cm. Ketinggian muka air 5 cm dari media. Media penyangga dibuat berlubang berupa kassa/ strainer. Berikut rancangan reaktor penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2, Gambar 3.3, Gambar 3.4, dan Gambar 3.5.



**Gambar 3. 2 Tampak Atas Biofilter**



**Gambar 3. 3 Sketsa Reaktor Biofilter**

Keterangan:

1 = Bak penampung awal

2 = Bak pengatur debit/ bak influen

3 = Influen valve

4 = Media filter

5 = Bak efluen

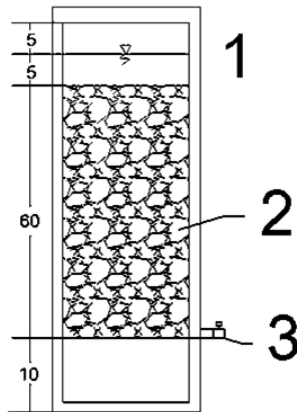
6 = Pompa air

7 = Pipa overflow

8 = Pipa efluen

9 = Aerator

10= penyangga reaktor



**Gambar 3. 4 Dimensi Media Biofilter**

Keterangan:

1 = Muka air

2 = Media filter

3 = Pipa effluen

### **3.4 Analisis Kandungan Air Limbah Bekas Pencucian Jeans**

Air limbah bekas pencucian jeans merupakan limbah industri tekstil rumah tangga yang terletak di daerah Pesapen Selatan, Surabaya. Analisis awal dilakukan untuk mengetahui kualitas pada air limbah pencucian jeans. Parameter yang diuji adalah COD, TSS, dan warna. Setelah itu dilakukan tahap aklimatisasi dan proses running.

### **3.5 Tahap Seeding dan Aklimatisasi Media**

Sebelum *running* penelitian maka dilakukan *seeding* terlebih dahulu. *Seeding* dilakukan menggunakan air bekas pencucian jeans yang dialirkan secara kontinyu selama kurang lebih 7 hari. Tujuan *seeding* adalah untuk memperoleh mikroorganisme. Mikroorganisme ini untuk menguraikan bahan organik pada proses pengolahan.

Untuk mendapatkan biomassa yang aktif untuk mendegradasi bahan organik maka diperlukan waktu adaptasi bagi mikroorganisme agar dapat menyesuaikan diri dengan limbah yang akan diolah yang selanjutnya disebut aklimatisasi. Proses aklimatisasi dilakukan dengan mengalirkan air limbah ke media yang sudah berada pada reaktor, biarkan terbuka terkena udara. Untuk menumbuhkan bakteri aerob pembentuk biofilm. Pertumbuhan biofilm diamati setelah kurang lebih 8 sampai 14 hari dengan ditandai permukaan media yang berubah menjadi agak licin bila dipegang. Aklimatisasi termasuk dalam penelitian pendahuluan atau dapat dikatakan termasuk langkah awal penelitian pengolahan limbah secara biologis. Tahapan ini dilaksanakan dalam upaya untuk menumbuhkan mikroorganisme yang berperan penting dalam proses penyisihan materi organik secara biologis. Aklimatisasi dilakukan secara alami, yakni mikroorganisme langsung dibiakkan di dalam reaktor yang telah terisi media.

### **3.6 Penelitian Utama**

Air limbah influen yang digunakan untuk tahap aklimatisasi diganti dengan air limbah pencucian jeans yang telah disiapkan, variasi pada penelitian ini telah dijelaskan pada variabel. Debit pengolahan telah direncanakan pada persiapan awal sesuai yang direncanakan. Waktu sampling disesuaikan dengan waktu detensi yang telah direncanakan.

Untuk mendapatkan data time series penelitian diperlukan beberapa hari pengambilan data sampel. Data yang diharapkan mempunyai nilai removal yang stabil. Pada penelitian pula akan dilakukan analisis parameter sesuai *standar method* yang sesuai pada Laboratorium Teknik Lingkungan FTSLK ITS.

Uji parameter air limbah pencucian jeans meliputi;

#### **a. Uji parameter COD**

Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air secara kimiawi dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen (Turista, 2017).

#### **b. Uji parameter TSS**

Nilai padatan tersuspensi total menunjukkan banyaknya bahan yang tersuspensi dalam air. *Total Suspended Solid* (TSS) adalah berat mg/L kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 1,5  $\mu\text{m}$  (kertas saring whatman nomor 42). Analisa TSS atau padatan tersuspensi penting dilakukan untuk mengetahui kuantitas senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral, dan garam. (Zahra, 2015)

#### **c. Uji parameter warna**

Pengujian untuk parameter ini menggunakan kalibrasi warna. Kalibrasi warna dilakukan untuk menentukan panjang gelombang optimum pada spektrofotometer yang digunakan untuk pembacaan adsorbansi warna air limbah yang digambarkan dengan grafik regresi linier sampel air limbah.

Parameter-parameter tersebut di atas digunakan karena dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 parameter – parameter tersebutlah yang menjadi standar baku mutu bagi kualitas air limbah industri tekstil.

### **3.7 Pengambilan Sampel dan Titik Sampling**

Pengambilan sampel untuk analisis parameter dilakukan setelah biofilm terbentuk. Pengambilan sampel dilakukan ketika pengoperasian reaktor yang dilakukan selama 8-14 hari proses running biofilter. Hal ini dilakukan untuk mencapai nilai removal tertinggi dan stabil pada parameter yang dianalisis yaitu COD, TSS, warna, dan kekeruhan. Titik pengambilan sampel pada rangkaian unit reaktor dilakukan pada unit bak penampung awal, kemudian pada bak pengatur debit (bak influen) dan perlakuan aerasi pada unit tersebut, dan titik sampling selanjutnya pada pipa effluen (outlet) setelah melewati media filter.

### **3.8 Hasil dan Pembahasan**

Analisis dan pembahasan didasarkan pada perbandingan antara studi literatur dengan hasil penelitian. Data tersebut meliputi hasil uji parameter air limbah rumah tangga sebagai parameter penurunan TSS, COD, dan warna. Hasil analisis data dan

pembahasan ini juga akan menjawab tujuan penelitian yang telah dibuat. Hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, maupun bentuk deskriptif.

### **3.9 Kesimpulan**

Kesimpulan dan saran didasarkan dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan selama penelitian. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan untuk mempermudah pembaca memperoleh gambaran ringkasan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Saran yang berisi evaluasi dan rekomendasi dapat berguna bagi penelitian selanjutnya agar tidak terjadi kesalahan yang sama dan dapat tercapainya penyempurnaan penelitian sehingga diperoleh informasi yang dapat dipertanggung jawabkan dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian pengolahan air bekas pencucian jeans dengan metode biologis ini mempunyai 3 tahap utama yaitu *seeding*, aklimatisasi, dan *running*. Terdapat 2 variasi yang digunakan dalam penelitian ini, yang pertama adalah jenis media yang digunakan yaitu media *bioball*, pecahan genteng, dan batu kerikil. Kemudian variasi kedua adalah debit aerasi yang diberikan. Parameter pencemar yang akan diuji meliputi TSS (mg/L), COD (mg/L), dan warna.

Menurut Said dan Santoso (2015), dalam proses pengolahan air limbah jeans yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikroorganisme biasa disebut dengan proses biologis. Penggunaan biofilter dengan aerasi banyak dilakukan karena mempunyai kemampuan penyerapan oksigen yang besar. Jika kemampuan penyerapan oksigen besar, maka dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan beban organik yang besar pula. (Said, 2005).

Keunggulan dari proses biologis dengan menggunakan biofilter adalah pengoperasiannya yang mudah, produksi lumpur yang sedikit, digunakan pada konsentrasi tinggi dan rendah, dan pengaruh penurunan suhu pada kinerja biofilter relatif kecil.

#### **4.1 Penelitian Pendahuluan**

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal air limbah dari bekas pencucian jeans meliputi parameter COD, TSS, dan warna. Nilai masing-masing parameter dari air limbah setelah dianalisa dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Efluen air limbah bekas pencucian jeans diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu air limbah untuk industri tekstil. Dari hasil analisa yang tercantum di Tabel 4.1, semua parameter belum memenuhi baku mutu. Seharusnya efluen dari pengolahan jeans sebelum dibuang

ke badan air/ lingkungan sudah harus memenuhi baku mutu yang berlaku agar air limbah tersebut tidak mencemari lingkungan.

Setelah dilakukan analisis sebanyak 3 kali, karakteristik awal dari air limbah bekas pencucian jeans secara keseluruhan belum memenuhi baku mutu dan konsentrasi air limbah tersebut relatif konstan, hal ini disebabkan karena proses pengolahan air bekas pencucian jeans di industri “X” tersebut relatif sama/ tetap, dan beban polutan yang hampir sama setiap harinya. Maka nantinya beban yang diterima oleh biofilter juga akan relatif konstan.

**Tabel 4. 1 Hasil Analisa Parameter Awal**

Parameter	Baku Mutu	Hasil Analisis
COD	150 mg/L	6400 mg/L
TSS	50 mg/L	550 mg/L
Warna	-	120 mg/L

## 4.2 Persiapan Reaktor

Pengolahan air limbah bekas pencucian jeans pada industri “X” ini dilakukan dengan proses biofilter aerobik. Penelitian ini menggunakan 3 buah reaktor yang masing-masing diisi media yang berbeda sesuai variasi. Prinsip aliran air yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aliran kontinyu dengan aliran downflow. Reaktor didesain dengan sederhana yang terdiri dari bak penampung, bak pengatur debit, reaktor media filter, dan bak efluen. Pada skala laboratorium dibuat reaktor dengan lebar 20 cm, panjang 20 cm, dan tinggi 80 cm. Spesifikasi reaktor dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2 Spesifikasi Reaktor Biofilter**

Uraian	Keterangan
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bahan</li> <li>• Tinggi</li> <li>• Tebal media</li> <li>• Panjang</li> <li>• Lebar</li> <li>• Tinggi muka air</li> <li>• Volume</li> </ul>	<p><i>Acrylic</i>, tebal 5 mm</p> <p>80 cm</p> <p>65 cm</p> <p>20 cm</p> <p>20 cm</p> <p>5 cm</p> <p>24 cm</p>

Rangkaian unit reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.



**Gambar 4. 1 Rangkaian Media Reaktor**



**Gambar 4. 2 Bak Penampung Air Limbah**

Dalam biofilter ini terdapat penyangga media reaktor dibuat penyangga dengan bahan *acrylic* setebal 5 mm yang dilubangi sebesar 1 cm. Pemilihan bahan *acrylic* sebagai alat reaktor adalah harga yang terjangkau dan ringan sehingga mudah dipindah dan mudah dalam proses pemeliharaannya. Outlet dibuat

di bawah penyangga dan berjarak 5 cm dari dasar reaktor sehingga air dapat mengalir dari efluen tanpa terhambat endapan yang dihasilkan selama proses biologis. Pemberian oksigen pada reaktor menggunakan aerator yang akan dijadikan variasi pada penelitian ini. Aerator diletakkan pada bak pengatur debit sebagai suplai oksigen sebelum masuk kedalam media reaktor.

#### **4.3 Tahap *Seeding* dan Aklimatisasi**

Tahap *seeding* dan aklimatisasi dilakukan secara alami yaitu mengalirkan air limbah bekas pencucian jeans kedalam reaktor biofilter secara kontinyu. Menurut Edhawati (2009), pembiakan atau *seeding* mikroorganisme pada media filter dilakukan secara alami dengan mengalirkan air limbah secara terus menerus ke dalam reaktor biofilter yang telah terisi media dan dilakukan pemberian oksigen secara kontinyu agar proses oksidasi biologis oleh mikroba dapat berjalan dengan baik.

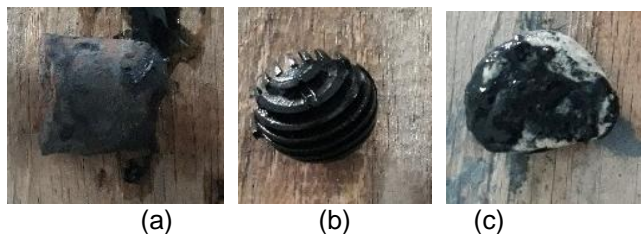
Sistem *seeding* pada penelitian ini digunakan sistem batch dengan memasukkan air limbah mengatur debit dengan menggunakan selang infus. Mula-mula air limbah bekas pencucian jeans dimasukkan dalam bak penampung, kemudian dipompa dengan head 3 m untuk masuk kedalam bak pengatur debit untuk disamakan debitnya. Debit yang digunakan dari perhitungan waktu tinggal yaitu sebesar 8 jam, dengan volume reaktor 24 liter. Didapatkan debit sebesar 3 L/jam atau setara dengan 50 mL/menit. Proses *seeding* dilakukan selama 7 hari. Proses *seeding* diamati setiap hari, apabila pada media terbentuk terbentuk lapisan lendir yang berwarna hitam kecoklatan serta tidak mudah terlepas dari media, maka dapat dikatakan bahwa telah tumbuh mikroorganisme pada media. Jika senyawa organik yang ada mulai pecah oleh aktivitas bakteri dan adanya oksigen terlarut direduksi menjadi nol, maka warna biasanya menjadi lebih gelap. (Metcalf dan Eddy, 2003).

Proses aklimatisasi dilakukan untuk menghindari matinya bakteri yang sudah di-*seeding* sebelumnya karena belum sempat beradaptasi dengan lingkungan baru dan agar didapatkan kultur yang bagus dan mikroorganisme mampu beradaptasi dengan air limbah. Proses aklimatisasi pada penelitian ini berlangsung

selama 7 (tujuh) hari dengan cara mengalirkan air limbah ke dalam reaktor secara kontinyu dengan debit yang sudah ditetapkan.

Ketika tahap aklimatisasi populasi mikroba akan masuk pada fase eksponensial, dimana mikroorganisme akan tumbuh dan membelah diri pada tingkat yang maksimal dan memungkinkan bakteri berkembang biak. (Willey dkk, 2008).

Pemantauan proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan dengan cara uji nilai kandungan organik dalam bilangan permanganat (PV) dan pengamatan visual. Uji bilangan permanganat dilakukan untuk mengetahui jumlah biofilm pada biofilter. Jumlah biofilm yang melekat pada media dapat diukur melalui zat organiknya. Jika sudah optimum maka nilai permanganat akan cenderung konstan. Gambar 4.3 menunjukkan media yang sudah ditumbuhi biofilm.



**Gambar 4. 3 Media yang Sudah Ditumbuhi Biofilm, (a) pecahan genteng (b) bioball (c) kerikil**

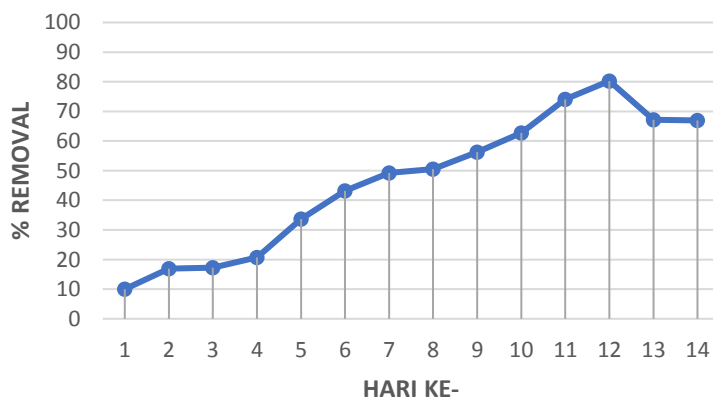
Bila terdapat penurunan bilangan permanganat pada air limbah antara influen dan efluen reaktor, hal tersebut mengindikasikan terdapat terdapat penurunan kandungan organik pada air limbah. Penurunan kandungan organik tersebut didegradasi oleh bakteri yang melekat pada media. Hasil analisis bilangan permanganat pada tahap *seeding* dan aklimatisasi dengan media pecahan genteng dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. 3 Hasil Analisis *Permanganat Value* pada Media Pecahan Genteng**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	2844	2559,6	10,00

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
2	3349,6	2780,8	16,98
3	2938,8	2433,2	17,20
4	3823,6	3033,6	20,66
5	3096,8	2054	33,67
6	3002	1706,4	43,16
7	3144,2	1595,8	49,25
8	3191,6	1580	50,50
9	3144,2	1374,6	56,28
10	3602,4	1343	62,72
11	3539,2	916,4	74,11
12	3760,4	742,6	80,25
13	3555	1169,2	67,11
14	3539,2	1169,2	66,96

. Berikut kemampuan efisiensi *permanganat* value dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4. 4 Persentase Penurunan Bilangan Permanganat Pada Media Pecahan Genteng**

Pada pengujian nilai bilangan permanganat pada media pecahan genteng pada hari pertama didapatkan persen removal sebesar 10% dan persen removal meningkat pada hari berikutnya. Persen removal tertinggi terletak pada hari ke-12 sebesar 80,25% dimana hasil inlet dan outletnya berturut-turut sebesar 3760,4 dan 742,6 mg/L. Setelah hari ke-12 hasil bilangan permanganat mengalami penurunan menjadi 66,96%.

Hasil analisis bilangan permanganat pada tahap *seeding* dan aklimatisasi dengan media bioball dapat dilihat pada Tabel 4.4.

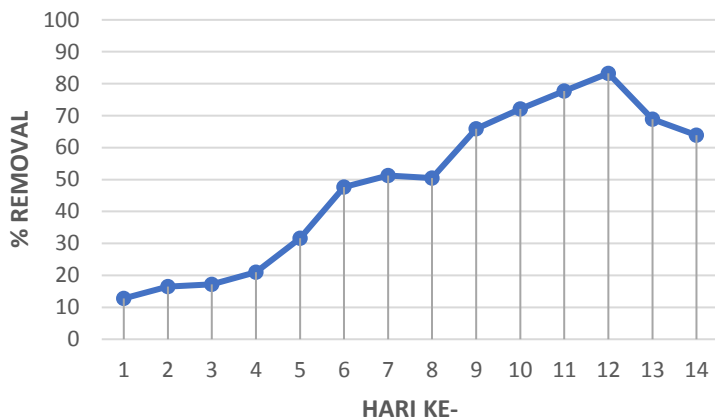
**Tabel 4. 4 Hasil Analisis *Permanganat Value* pada Media Bioball**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	2844	2480,6	12,78
2	3349,6	2796,6	16,51
3	2938,8	2433,2	17,20
4	3839,4	3033,6	20,99
5	3096,8	2117,2	31,63
6	3017,8	1580	47,64
7	3144,2	1532,6	51,26
8	3223,2	1595,8	50,49
9	3191,6	1090,2	65,84
10	3681,4	1027	72,10
11	3539,2	790	77,68
12	3776,2	632	83,26
13	3555	1106	68,89
14	3539,2	1279,8	63,84

Hasil pengujian nilai bilangan permanganat media bioball pada hari pertama didapatkan persen removal sebesar 12% dan persen removal meningkat pada hari berikutnya. Persen removal

tertinggi terletak pada hari ke-12 sebesar 83,26% dimana hasil inlet dan outletnya berturut-turut sebesar 3776,2 dan 632 mg/L.

Setelah hari ke-12 hasil bilangan permanganat mengalami penurunan menjadi 63,84%. Berikut kemampuan efisiensi *permanganat value* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4. 5 Persentase Penurunan Bilangan Permanganat Pada Media Bioball**

Hasil analisis bilangan permanganat pada tahap *seeding* dan aklimatisasi dengan media kerikil dapat dilihat pada Tabel 4.5.

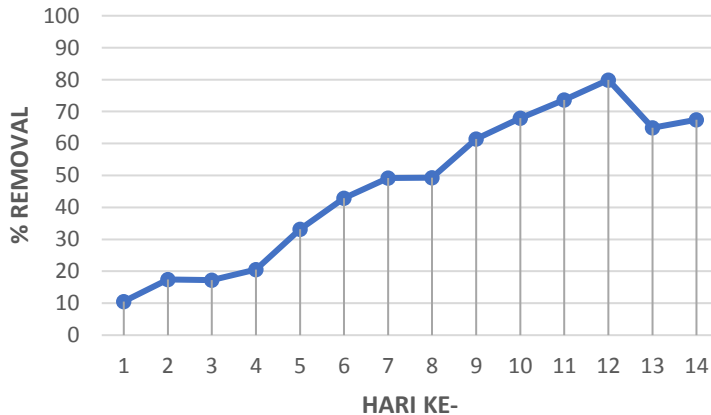
**Tabel 4. 5 Hasil Analisis *Permanganat Value* pada Media Kerikil**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
1	2844	2543,8	10,56
2	3349,6	2765	17,45
3	2938,8	2433,2	17,20
4	3839,4	3049,4	20,58
5	3096,8	2069,8	33,16



Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
6	3017,8	1722,2	42,93
7	3144,2	1595,8	49,25
8	3207,4	1627,4	49,26
9	3191,6	1232,4	61,39
10	3602,4	1153,4	67,98
11	3539,2	932,2	73,66
12	3776,2	758,4	79,92
13	3555	1248,2	64,89
14	3539,2	1153,4	67,41

Berikut kemampuan efisiensi *permanganat value* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



**Gambar 4. 6 Persentase Penurunan Bilangan Permanganat Pada Media Kerikil**

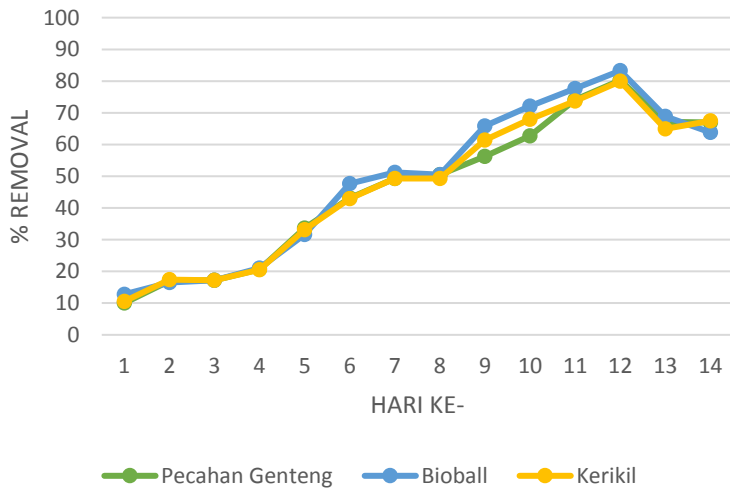
Pada pengujian nilai bilangan permanganat pada media kerikil pada hari pertama didapatkan persen removal sebesar 10,56% dan persen removal meningkat pada hari berikutnya.

Persen removal tertinggi terletak pada hari ke-12 sebesar 79,92% dimana hasil inlet dan outletnya berturut-turut sebesar 3776,2 dan 758,4 mg/L.

Setelah hari ke-12 hasil bilangan permanganat mengalami penurunan menjadi 67,41%.

Selama proses aklimatisasi removal kandungan organik mempunyai rentang 10-80% dan removal tertinggi terdapat pada media bioball yaitu sebesar 83,26%.

Pengukuran angka permanganat erat kaitannya dengan laju pertumbuhan. Hasil yang berbeda-beda pada tiap media menunjukkan bahwa masing-masing media mempunyai kemampuan remoal yang berbeda dalam penurunan permanganat. Perbandingan persentase bilangan permanganat pada 3 reaktor dapat dilihat pada Gambar 4.7.



**Gambar 4. 7 Perbandingan Persentase Nilai Bilangan Permanganat**

Pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa tiap media reaktor mempunyai kemampuan removal yang berbeda. Namun ke-3 media pada reaktor mengalami peningkatan removal bilangan permanganat di setiap harinya dengan pola yang sama. Hal ini

menunjukkan bahwa mikroorganisme yang tumbuh pada media telah bekerja dengan baik dalam mendegradasi air limbah. (Aufa, 2011). Maka dapat dikatakan bahwa mikroorganisme pada media reaktor berada dalam fase eksponensial. (Willey, dkk 2008).

Pertumbuhan mikroorganisme mulai terjadi ketika terjadi penurunan kandungan organik (Nugroho dkk, 2011). Setelah proses aklimatisasi selesai maka langsung dilanjutkan pada penelitian utama. Namun pada penelitian ini tidak dilakukan *seeding* dan aklimatisasi hingga terbentuk biofilm yang stabil karena pada hasil PV juga masih terjadi fluktuasi penurunan. Menurut Kirov (2015), suatu kultur mikroorganisme bisa dikatakan steady state ketika pertumbuhan mikroorganisme tersebut mendekati konstan. Dengan uji permanganat pada efluen air limbah, removal yang dihasilkan harus relatif konstan dan kurang dari 5%.

#### **4.4 Pelaksanaan Penelitian Utama (*Running*)**

Terdapat 3 buah reaktor, reaktor pertama menggunakan media pecahan genteng, reaktor kedua menggunakan media bioball, dan reaktor ketiga menggunakan media batu kerikil. Setelah tahap aklimatisasi selesai maka reaktor dapat dijalankan untuk mengolah air limbah. Pengoperasian pertama menggunakan variasi debit aerasi 3,5 L/menit, kemudian dilanjutkan ke variasi kedua dengan debit aerasi 7 L/menit, dan pengoperasian ketiga dengan variasi tanpa aerasi. Penentuan debit aerasi disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan. Waktu sampling ditentukan dengan menyesuaikan dengan waktu tinggal yang telah direncanakan.

##### **4.4.1 Hasil Penurunan Kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

Nilai COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air secara kimiawi dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Analisa COD dilakukan setiap hari untuk mengetahui grafik efisiensi penurunan pengolahan air limbah oleh reaktor.

#### 4.4.1.1 Analisis Penurunan Kandungan COD pada Media Pecahan Genteng

Penurunan kandungan COD pada media pecahan genteng terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit, 7 L/menit, dan tanpa aerasi.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan COD pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6 Hasil Penurunan kandungan COD Media Pecahan Genteng Tanpa Aerasi**

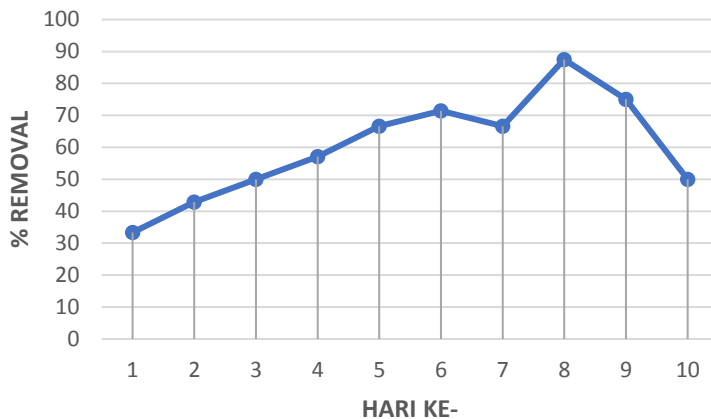
Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Tanpa aerasi			
1	2400	1600	33,33
2	2800	1600	42,86
3	2400	1200	50,00
4	2800	1200	57,14
5	3600	1200	66,67
6	2800	800	71,43
7	2400	800	66,67
8	3200	400	87,50
9	3200	800	75,00
10	2400	1200	50,00

Hasil penurunan kandungan COD pada media pecahan genteng dengan tanpa debit aerasi dapat dilihat bahwa removal terendah terjadi pada hari pertama penelitian yaitu sebesar 16,67%. Kemudian hari kedua dan seterusnya didapatkan hasil yang fluktuatif namun mengalami peningkatan dari hari pertama. Kestabilan dalam proses meremoval kadar organik terlihat pada hari ke-4 dan hari ke-5. Pada hari ke-4 telah mencapai efisensi sebesar 66,67% dan pada hari ke-5 sebesar 71,43%.

. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada media pecahan genteng.

Efisiensi removal tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada hari ke-8 yaitu sebesar 87,50% dengan penurunan mencapai 400 mg/L. Kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Penurunan efisiensi removal mulai terlihat pada hari ke-9 dengan hasil persen removal menjadi sebesar 50% dan semakin menurun pada hari berikutnya. Setelah mencapai removal maksimum terjadi penurunan efisiensi removal disebabkan karena air limbah yang telah lama kontak pada reaktor telah terurai konsentrasi zat organik oleh mikroorganisme yang melekat pada media. Berikut kemampuan removal kandungan COD dapat dilihat pada Gambar 4.8.



**Gambar 4. 8 Persentase Removal COD pada Media Pecahan Genteng Tanpa Aerasi**

*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media pecahan genteng dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4. 7 Hasil Penurunan kandungan COD Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 3,5 L/menit			
1	2000	1200	40,00
2	2400	800	66,67
3	2400	1200	50,00
4	2800	800	71,43
5	2400	400	83,33
6	3600	400	88,89
7	4000	800	80,00
8	2000	800	60,00
9	3600	1600	55,56
10	2000	1200	40,00

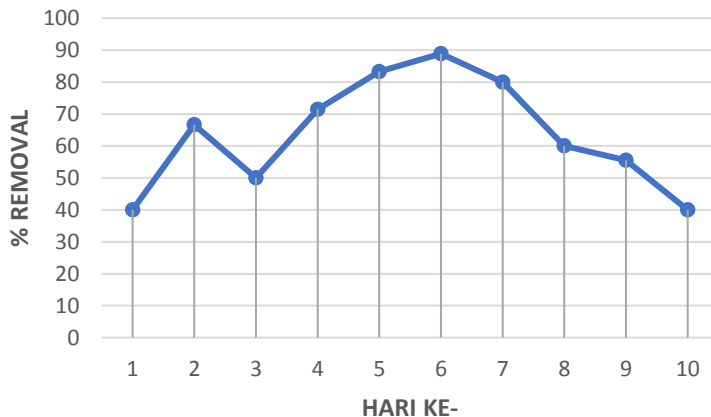
Hasil penurunan kandungan COD dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 3,5 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula di outletnya. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

Hasil dari penurunan kandungan COD pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada pada hari pertama yaitu sebesar 40% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 2000 mg/L dan 1200 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-3.

Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada media pecahan genteng.

Hasil removal penurunan kandungan COD mulai menunjukkan kestabilan pada hari ke-4 dengan persen removal sebesar 71,43%. Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-6, dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 3600 mg/L dan 400 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 88,89%.

Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan COD mengalami penurunan mulai hari ke-8 dan pada hari ke-10 didapatkan persen removal 40%. Hal ini disebabkan karena air limbah yang telah lama kontak pada reaktor telah terurai konsentrasi zat organiknya oleh mikroorganisme yang melekat pada media. Persentase kemampuan removal COD dapat dilihat pada Gambar 4.9.



**Gambar 4. 9 Persentase Removal COD pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media pecahan genteng dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4. 8 Hasil Penurunan kandungan COD Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari Ke-	Inlet Bak Penampung (mg/L)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 7 L/menit				
1	6400	3600	1200	66,67
2	6000	3200	800	75,00
3	6000	2400	400	83,33
4	6800	3200	800	75,00
5	6400	4000	800	80,00
6	6800	4800	800	83,33
7	6800	4400	400	90,91
8	6400	4800	800	83,33
9	6000	4000	400	90,00
10	6400	2400	400	83,33

Hasil penurunan kandungan COD dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula di outletnya. Nilai COD awal pada bak penampung pada range sebesar 6000-6800 mg/L dengan variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

Hasil dari penurunan kandungan COD pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada pada hari pertama yaitu sebesar 66,67% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 3600 mg/L dan 1200 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-4.

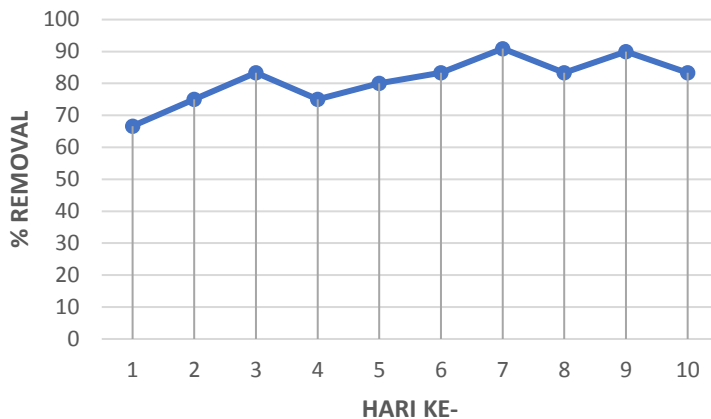
Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan



berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada media pecahan genteng.

Hasil removal penurunan kandungan COD mulai menunjukkan kestabilan pada hari ke-5 dengan persen removal sebesar 80%. Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-7, dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 4400 mg/L dan 400 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 90,91%.

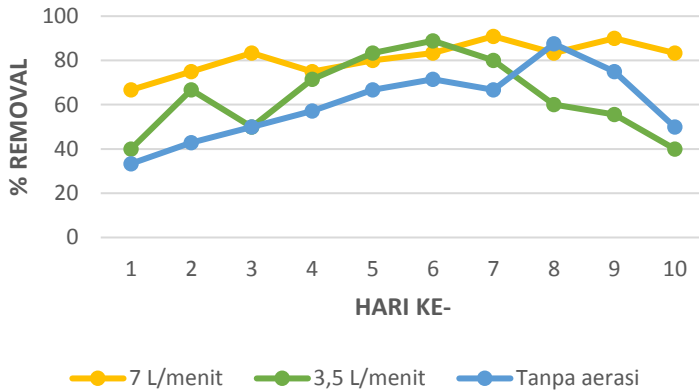
Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan COD mengalami penurunan mulai hari ke-8 dan pada hari ke-10 didapatkan persen removal 83,33%. Hal ini disebabkan karena air limbah yang telah lama kontak pada reaktor telah terurai konsentrasi zat organiknya oleh mikroorganisme yang melekat pada media. Persentase kemampuan removal COD dapat dilihat pada Gambar 4.10.



**Gambar 4. 10 Persentase Removal COD pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hasil penurunan COD pada media pecahan genteng dengan variasi debit aerasi menunjukkan removal maksimum yang didapatkan lebih tinggi pada perlakuan variasi debit aerasi 7 L/menit dengan sebesar 90,91% sedangkan tanpa aerasi didapatkan persen removal maksimum sebesar 87,50% dan pada variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit sebesar 88,89%.

Berikut hasil perbandingan persen removal kandungan COD pada media genteng tanpa variasi, menggunakan debit aerasi sebesar 3,5 L/menit, dan debit aerasi 7 L/menit dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4. 11 Perbandingan Persentase Removal COD pada Media Pecahan Genteng dengan Variasi Debit Aerasi**

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa persen removal awal pada hari pertama didapatkan persen removal yang lebih tinggi pada variasi debit aerasi 7 L/menit. Namun kenaikan removal yang lebih konstan terdapat pada perlakuan variasi tanpa aerasi. Kenaikan persen removal yang didapatkan lebih tinggi pada perlakuan variasi debit aerasi 7 L/menit dan Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kandungan COD dengan media pecahan genteng dan debit aerasi 7 L/menit lebih efektif mendegradasi air limbah dibandingkan dengan tanpa aerasi karena dengan menggunakan debit aerasi 7 L/menit didapat removal yang lebih tinggi.

#### 4.4.1.2 Analisis Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball

Penurunan kandungan COD pada media bioball terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit, 7 L/menit,

dan tanpa aerasi. *Running* dilakukan bersamaan dengan media lainnya yaitu pecahan genteng dan kerikil.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan COD pada air bekas pencucian jeans dengan bioball dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4. 9 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball Tanpa Aerasi**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Tanpa aerasi			
1	2400	1200	50,00
2	3200	1600	50,00
3	3200	400	87,50
4	3200	800	75,00
5	2400	400	83,33
6	3600	400	88,89
7	3600	400	88,89
8	2800	400	85,71
9	3200	800	75,00
10	2800	1200	57,14

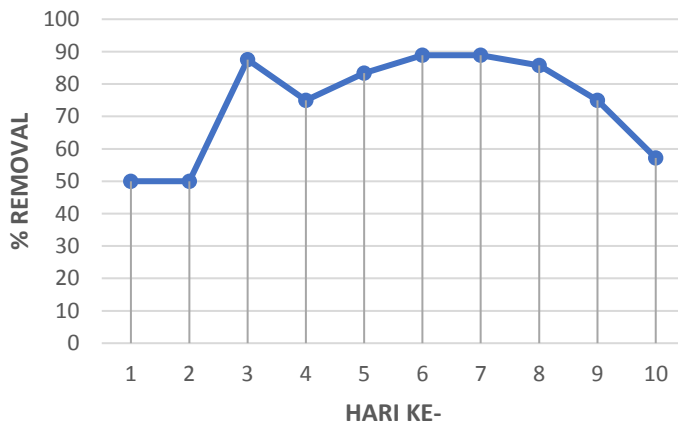
. Pada Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa removal awal pada hari pertama adalah sebesar 50%. Kemudian mengalami kenaikan yang fluktuatif pada hari berikutnya. Pada hari ke-3 sudah didapatkan removal yang cukup besar yaitu sebesar 87,50% dengan hasil outlet sebesar 400 mg/L dan pada hari ke-4 memberikan removal sebesar 75% dengan hasil outlet 800 mg/L. Titik kestabilan kemampuan mendegradasi kadar zat organik terjadi pada hari ke-4 dan hari ke-5.

Kemampuan maksimum removal terjadi pada hari ke-6 dan ke-7 dimana persen removal sebesar 88,89% dengan inlet sebesar 3600 mg/L dan outlet sebesar 400 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa media bioball memiliki persen removal lebih

besar dari media genteng dan proses pendegradasian di media bioball lebih baik dari media genteng sehingga menghasilkan outlet yang lebih baik.

Penurunan persen removal terjadi pada hari ke-9 dan ke-10 namun terkadang removalnya masih fluktuatif namun tidak bisa melampaui persen removal yang lebih maksimal. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada bioball.

Pada hari ke-10 didapat persen removal sebesar 57,14% Setelah mencapai kemampuan maksimum dalam meremoval kadar zat organik, efisiensi akan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah (Zahra, 2015). Kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.12.



**Gambar 4. 12 Persentase Removal COD pada Media Bioball Tanpa Aerasi**

*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk

suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4. 10 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 3,5 L/menit			
1	2000	800	60,00
2	2800	800	71,43
3	3600	1200	66,67
4	4400	2000	54,55
5	2800	800	71,43
6	4400	400	90,91
7	4000	400	90,00
8	3200	400	87,50
9	3600	800	77,78
10	2400	800	66,67

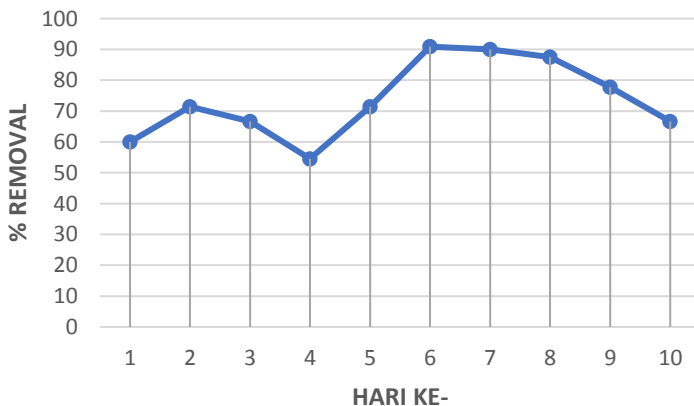
Pada hasil penurunan dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 3,5 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula di outletnya. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

Pada hari pertama didapatkan persen removal yang sudah cukup besar yaitu sebesar 60%. Kemudian persen removal semakin besar pada hari-hari berikutnya. Persen removal yang didapatkan lebih tinggi dibanding dengan variasi sebelumnya yaitu media bioball dengan tanpa aerasi. Namun mengalami penurunan kembali pada hari ke-4. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada bioball.

Kestabilan dalam pendegradasian zat organik air limbah oleh mikroba pada *running* ini dapat dilihat mulai hari ke-5 dimulai dengan didapatnya persen removal pada hari ke-5 sebesar 71,43% dan persen removal semakin meningkat dengan konstan. Kemudian persen removal maksimal yang didapatkan adalah sebesar 90,91% pada hari ke-6 dengan inlet sebesar 4400 mg/L dan outlet yang didapat sebesar 400 mg/L. Kemudian pada hari ke-7 didapat persen removal yang cukup besar sebesar 90% dengan hasil inlet dan outlet berturut-turut sebesar 4000 mg/L dan 400 mg/L.

Penurunan persen removal air limbah dapat dilihat di hari ke-9 dengan ditandai dengan turunnya persen removal menjadi sebesar 50%, kemudian pada hari berikutnya didapat persen removal yang meningkat kembali sebesar 66,67%. Hasil persen removal ini tidak melampaui hasil maksimum yang sudah didapat pada hari ke-6 dan ke-7. %. Hal ini disebabkan karena air limbah yang telah lama kontak pada reaktor telah terurai konsentrasi zat organiknya oleh mikroorganisme yang melekat pada media sehingga mempengaruhi removal penurunan COD (Aufa, 2015).

Berikut ini kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.13.



**Gambar 4. 13 Persentase Removal COD pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4. 11 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari Ke-	Inlet Bak Penampung (mg/L)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 7 L/menit				
1	6400	3600	1200	66,67
2	6000	3200	800	75,00
3	6000	2400	400	83,33
4	6800	3200	800	75,00
5	6400	4000	400	90,00
6	6800	4800	400	91,67
7	6800	4400	400	90,91
8	6400	4400	400	90,91
9	6000	3600	400	88,89
10	6400	2400	400	83,33

Hasil penurunan kandungan COD dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula di outletnya. Nilai COD awal pada bak penampung pada range sebesar 6000-6800 mg/L dengan variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

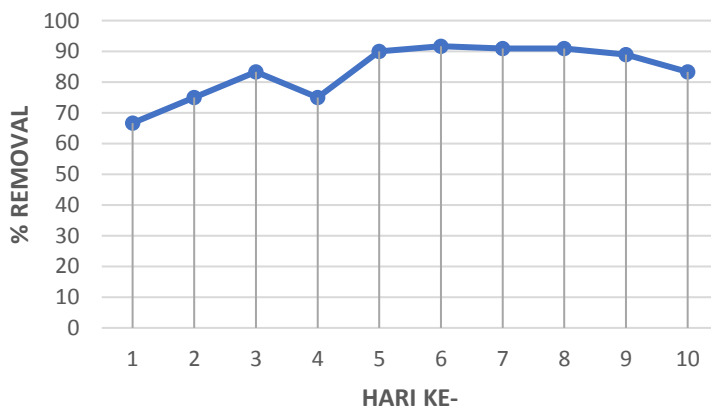
Hasil dari penurunan kandungan COD pada air bekas pencucian jeans dengan media bioball dan debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada pada hari

pertama yaitu sebesar 66,67% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 3600 mg/L dan 1200 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-4.

. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada media bioball.

Hasil removal penurunan kandungan COD mulai menunjukkan kestabilan pada hari ke-5 dengan persen removal sebesar 90%. Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-6, dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 4800 mg/L dan 400 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 91,67%.

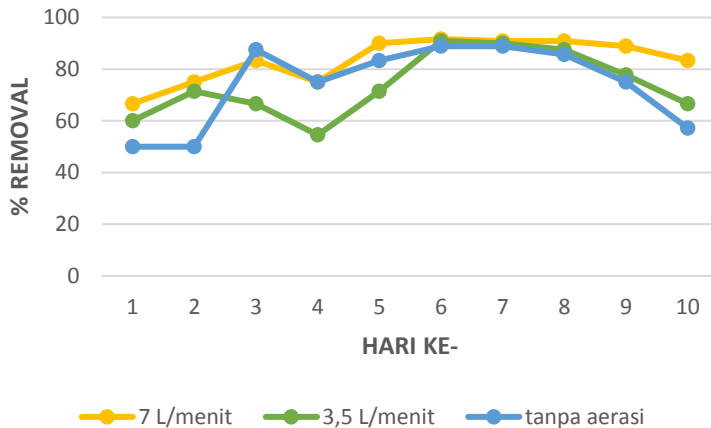
Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan COD mengalami penurunan mulai hari ke-8 dan pada hari ke-10 didapatkan persen removal 83,33%. Hal ini disebabkan karena air limbah yang telah lama kontak pada reaktor telah terurai konsentrasi zat organiknya oleh mikroorganisme yang melekat pada media (Aufa, 2015). Persentase kemampuan removal COD dapat dilihat pada Gambar 4.14.



**Gambar 4. 14 Persentase Removal COD pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit**



Hasil penurunan COD pada media bioball dengan variasi debit aerasi didapatkan persen removal yang maksimum pada hari ke-6 yaitu sebesar 88,89% pada variasi tanpa aerasi, sebesar 90,91% pada variasi debit aerasi 3,5 L/menit, dan sebesar 91,67% pada variasi debit aerasi 7 L/menit. Perbandingan hasil persentase removal COD pada media bioball dapat dilihat pada Gambar 4.15.



**Gambar 4. 15 Perbandingan Persentase Removal COD pada Media Bioball dengan Variasi Debit Aerasi**

Dari Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa pada hari pertama persen removal yang didapat lebih tinggi pada variasi debit aerasi 7 L/menit. Namun ketiga perlakuan mengalami hasil persen removal yang fluktuatif yaitu pada hari ke-3, ke-4, dan ke-5. Kemudian ketiganya mulai mengalami kestabilan dalam hasil persen removalnya dan Setelah mencapai maksimum keduanya mengalami penurunan removal. Secara umum persentase removal yang didapat lebih tinggi dengan variasi aerasi 7 L/menit dibandingkan dengan kedua lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kandungan COD dengan media bioball dan debit aerasi 7 L/menit lebih efektif mendegradasi air limbah.

#### 4.4.1.3 Analisis Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil

Penurunan kandungan COD pada media kerikil terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5L/menit, 7 L/menit, dan tanpa aerasi. *Running* dilakukan bersamaan dengan media lainnya yaitu pecahan genteng dan bioball.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan COD pada air bekas pencucian jeans dengan kerikil dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4. 12 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil Tanpa Aerasi**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Tanpa aerasi			
1	2000	1600	20,00
2	3200	1200	62,50
3	4800	2000	58,33
4	2800	800	71,43
5	3600	800	77,78
6	2800	1200	57,14
7	2400	400	83,33
8	2400	400	83,33
9	3200	1200	62,50
10	2800	1600	42,86

Pada hasil penurunan kandungan COD dengan menggunakan media kerikil dengan tanpa aerasi menunjukkan penurunan yang lebih rendah dibandingkan dengan dua media yang lain.

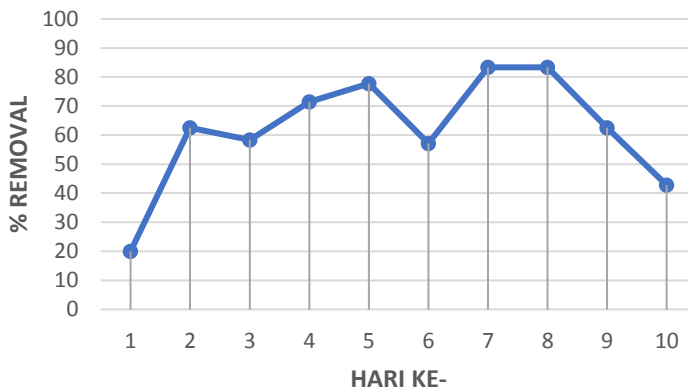
Pada hari pertama, persen removal yang didapat pada media kerikil sebesar 20%. Kemudian pada hari berikutnya mengalami fluktuasi pada pendegradasian kadar organik pada limbah sehingga hasil yang didapatkan hasil yang naik turun,

kenaikan persen removal. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada media kerikil.

Kemampuan removal air limbah mulai mengalami kestabilan pada hari ke-5. Pada hari ke-5 didapatkan removal sebesar 77,78% dengan hasil kandungan COD pada inlet dan outlet berturut-turut sebesar 3600 mg/L dan 800 mg/L. Persen removal maksimal yang didapatkan adalah sebesar 83,33% yang terletak pada hari ke-8 dengan kandungan COD pada inlet sebesar 2400 mg/L dan hasil outlet yang didapatkan sebesar 400 mg/L.

Setelah mencapai kondisi maksimal di hari ke-8, hari selanjutnya persen removal mengalami penurunan. Pada hari ke-9 didapatkan persen removal yang menurun menjadi 62,5% dan semakin menurun di hari berikutnya. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah (Zahra, 2015).

Berikut adalah kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.16.



**Gambar 4. 16 Persentase Removal COD pada Media Kerikil dengan Tanpa Aerasi**

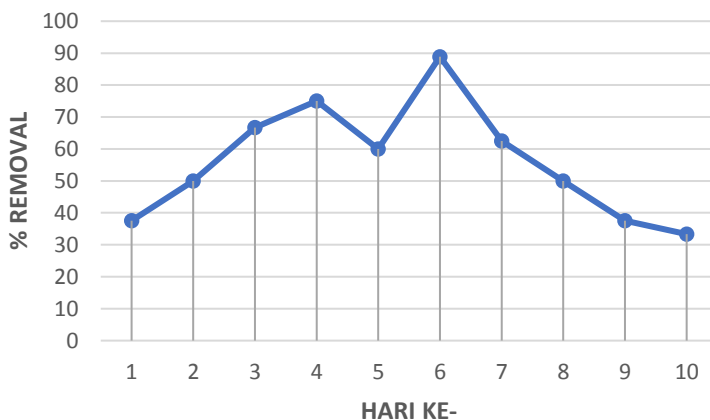
*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 4.13.

**Tabel 4. 13 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 3,5 L/menit			
1	3200	2000	37,50
2	2400	1200	50,00
3	3600	1200	66,67
4	3200	800	75,00
5	2000	800	60,00
6	3600	400	88,89
7	3200	1200	62,50
8	2400	1200	50,00
9	3200	2000	37,50
10	2400	1600	33,33

Pada hasil penurunan kandungan COD pada media kerikil dengan variasi 3,5 L/menit memberikan hasil yang lebih baik daripada perlakuan sebelumnya. Pada hari pertama didapat persen removal sebesar 37,50% dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 3200 mg/L dan 2000 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya persen removal meningkat setiap harinya. Terjadi fluktuasi efisiensi removal pada hari ke-4 dan ke-5 dimana pada hari ke-5 efisiensi removal menurun menjadi 60. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada media kerikil.

Persen removal maksimum yang didapat terletak pada hari ke-6 dengan nilai persen removal sebesar 88,89% dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 3600 mg/L dan 400 mg/L. Kemudian hari berikutnya mulai terjadi penurunan persen removal hingga pada hari ke-10 didapat persen removal terendah yaitu sebesar 33,33%. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah (Zahra, 2015). Kemampuan efisiensi removal kandungan COD dapat dilihat pada Gambar 4.15.



**Gambar 4. 17 Persentase Removal COD pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan COD dapat dilihat pada Tabel 4.14.

**Tabel 4. 14 Hasil Penurunan Kandungan COD pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari Ke-	Inlet Bak Penampung (mg/L)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 7 L/menit				
1	6400	3600	1600	55,56
2	6000	3200	1200	62,50
3	6000	2400	800	66,67
4	6800	3200	800	75,00
5	6400	4000	1200	70,00
6	6800	4800	800	83,33
7	6800	4400	800	81,82
8	6400	4800	800	83,33
9	6000	4000	400	90,00
10	6400	2400	400	83,33

Hasil penurunan kandungan COD dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula di outletnya. Nilai COD awal pada bak penampung pada range sebesar 6000-6800 mg/L dengan variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

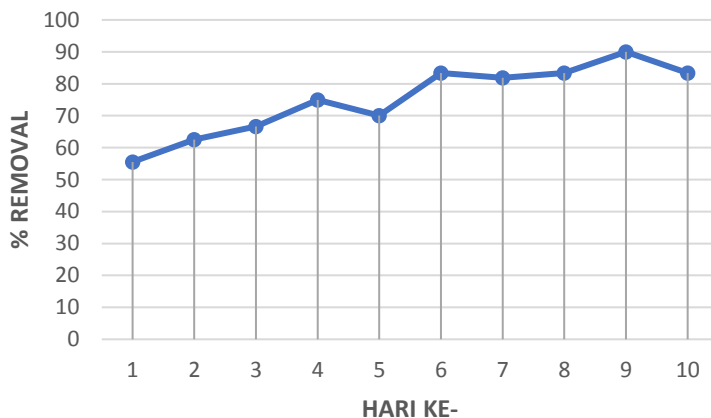
Hasil dari penurunan kandungan COD pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada pada hari pertama yaitu sebesar 55,56% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 3600 mg/L dan 1600 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-5.

Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan COD pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan

berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal COD pada media kerikil.

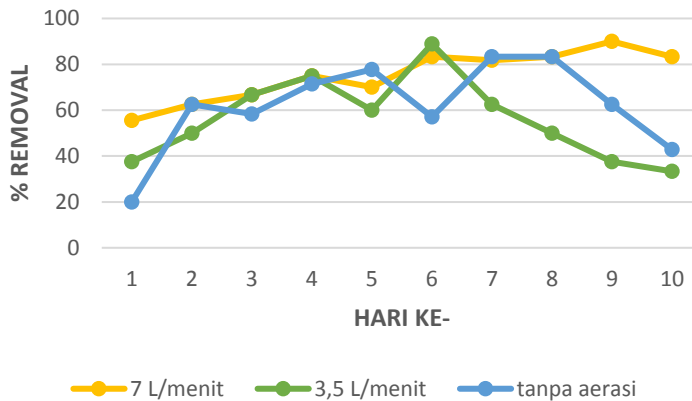
Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-9, dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 400 mg/L dan 400 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 90%.

Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan COD mengalami penurunan terjadi pada hari ke-10 didapatkan persen removal 83,33%. Hal ini disebabkan karena air limbah yang telah lama kontak pada reaktor telah terurai konsentrasi zat organiknya oleh mikroorganisme yang melekat pada media. Persentase kemampuan removal COD dapat dilihat pada Gambar 4.18.



**Gambar 4. 18 Persentase Removal COD pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Perbandingan hasil persentase removal COD pada media kerikil dapat dilihat pada Gambar 4.19.



**Gambar 4. 19 Perbandingan Persentase Removal COD pada Media Kerikil dengan Variasi Debit Aerasi**

Pada Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa persentase removal kandungan COD lebih tinggi pada debit aerasi 7 L/menit. Pada hari pertama perlakuan didapat removal yang lebih besar pada variasi 7 L/menit. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan removal yang fluktuatif pada ketiganya namun nilai persen removalnya lebih tinggi pada perlakuan variasi 7 L/menit.

Maka dapat dilihat bahwa penurunan kandungan COD dengan media kerikil dan debit aerasi 7 L/menit dapat meremoval lebih tinggi dibanding kedua variasi lainnya, hal ini menunjukkan bahwa media kerikil dengan debit aerasi 7 L/menit mendegradasi bahan organik lebih optimal dibandingkan dengan tanpa aerasi.

Dari hasil penurunan kandungan COD secara keseluruhan, berikut adalah rincian kemampuan efisiensi removal terbesar untuk menurunkan kandungan COD untuk setiap media dan variasi dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4. 15 Efisiensi removal COD maksimum tiap Media**

Media	Efisiensi removal maksimum (%)		
	Tanpa aerasi	3,5 L/menit	7 L/menit
Pecahan genteng	87,5	88,89	90,91



Media	Efisiensi removal maksimum (%)		
	Tanpa aerasi	3,5 L/menit	7 L/menit
Bioball	88,89	90,91	91,67
Kerikil	83,33	88,89	90

Dari Tabel 4.15 dapat disimpulkan bahwa penurunan kandungan COD paling efektif dengan menggunakan media bioball dengan debit aerasi 7 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa media bioball mendegradasi air limbah secara maksimal karena permukaan bioball yang berongga dapat menjadikan berkembang pesatnya pertumbuhan mikroorganisme yang akan mendegradasi bahan organik pada air limbah.

#### **4.4.2 Hasil Penurunan Kandungan TSS (*Total Suspended Solid*)**

Nilai padatan tersuspensi total menunjukkan banyaknya bahan yang tersuspensi dalam air. *Total Suspended Solid* (TSS) adalah berat mg/L kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 1,5 µm (kertas saring whatman nomor 42). Analisa TSS atau padatan tersuspensi penting dilakukan untuk mengetahui kuantitas senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral, dan garam.

Padatan tersuspensi yang terdapat dalam air limbah dapat berupa senyawa organik dan anorganik. Masing-masing variasi yang terdapat pada tiap reaktor memiliki tingkat kemampuan dalam menyisihkan TSS yang berbeda. Proses filtrasi yang terjadi pada biofilter mempunyai pengaruh yang besar dalam penyisihan TSS air limbah. Biofilter memiliki efisiensi yang cukup tinggi mencapai 90% karena padatan tersuspensi akan mengendap dan tertinggal pada media yang ada pada biofilter.

#### 4.4.2.1 Analisis Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng

Penurunan kandungan TSS pada media pecahan genteng terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5L/menit, 7 L/menit, dan tanpa aerasi.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan TSS pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dapat dilihat pada Tabel 4.16.

**Tabel 4. 16 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng Tanpa Aerasi**

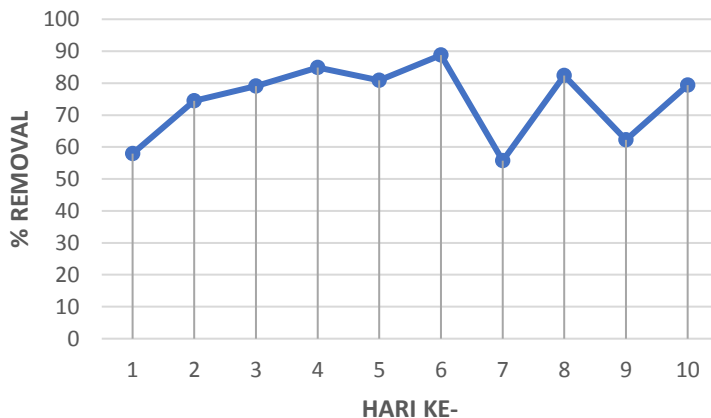
Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Tanpa aerasi			
1	304	128	57,89
2	376	96	74,47
3	364	76	79,12
4	476	72	84,87
5	440	84	80,91
6	392	44	88,78
7	280	124	55,71
8	340	60	82,35
9	180	68	62,22
10	272	56	79,41

Hasil penurunan kandungan TSS pada media pecahan genteng dengan tanpa debit aerasi dapat dilihat bahwa removal terendah terjadi pada hari pertama penelitian yaitu sebesar 57,89% dengan konsentrasi inlet dan outletnya berturut-turut sebesar 304 mg/L dan 128 mg/L. Kemudian hari kedua dan seterusnya mengalami peningkatan dari hari pertama.

Efisiensi removal tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada hari ke-6 yaitu sebesar 88,78% dengan konsentrasi inlet

sebesar 392 mg/L dan outlet sebesar 44 mg/L. Penurunan efisiensi removal mulai terlihat pada hari ke-7 dengan hasil persen removal menjadi sebesar 55,71% namun mengalami fluktuasi pada hari berikutnya hingga didapat persen removal pada hari ke-10 79,41%. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada media genteng. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Berikut kemampuan removal kandungan TSS dapat dilihat pada Gambar 4.20.



**Gambar 4. 20 Persentase Removal TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Tanpa Aerasi**

*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media pecahan genteng dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.17.

**Tabel 4. 17 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 3,5 L/menit			
1	160	80	50,00
2	116	44	62,07
3	224	44	80,36
4	180	40	77,78
5	196	36	81,63
6	156	36	76,92
7	132	32	75,76
8	148	36	75,68
9	224	32	85,71
10	196	32	83,67

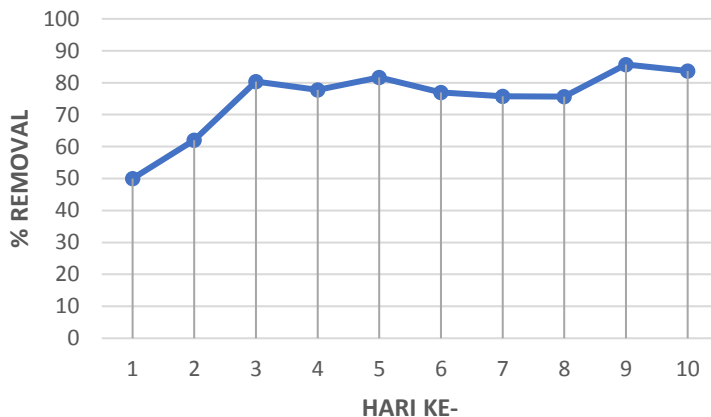
Pada penurunan kandungan TSS dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 3,5 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pada inletnya dibandingkan dengan inlet pada perlakuan tanpa aerasi. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi pada air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

Hasil dari penurunan kandungan TSS pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada pada hari pertama yaitu sebesar 50% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 160 mg/L dan 80 mg/L. Kemudian pada hari

berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-4 dan ke-5.

Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-9 dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 224 mg/L dan 32 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 85,71%.

Persentase kemampuan removal TSS dapat dilihat pada Gambar 4.21.



**Gambar 4. 21 Persentase Removal TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan TSS mengalami penurunan pada hari ke-10 dan didapatkan persen removal 83,67%. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada media genteng.

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media pecahan genteng dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk

suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.18.

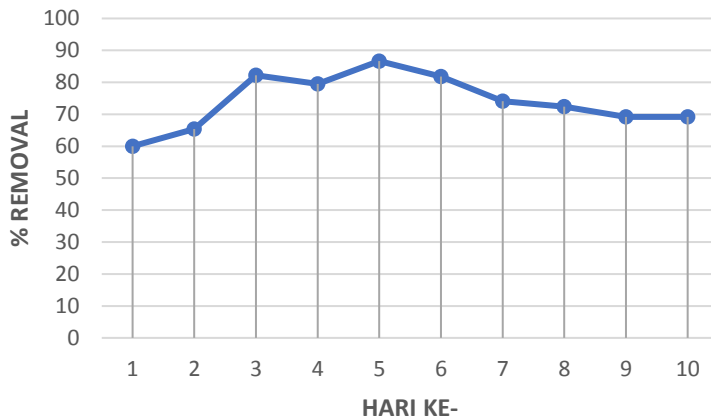
**Tabel 4. 18 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari Ke-	Inlet Bak Penampung (mg/L)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 7 L/menit				
1	452	100	40	60,00
2	452	104	36	65,38
3	464	180	32	82,22
4	468	156	32	79,49
5	464	180	24	86,67
6	460	132	24	81,82
7	456	108	28	74,07
8	464	116	32	72,41
9	456	104	32	69,23
10	468	104	32	69,23

Dengan variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi pada air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

Pada penurunan kandungan TSS dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pada inletnya dibandingkan dengan inlet pada perlakuan tanpa aerasi. Nilai TSS awal pada bak penampung pada range sebesar 452-464 mg/L.

Persentase kemampuan removal TSS dapat dilihat pada Gambar 4.22.



**Gambar 4. 22 Persentase Removal TSS pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

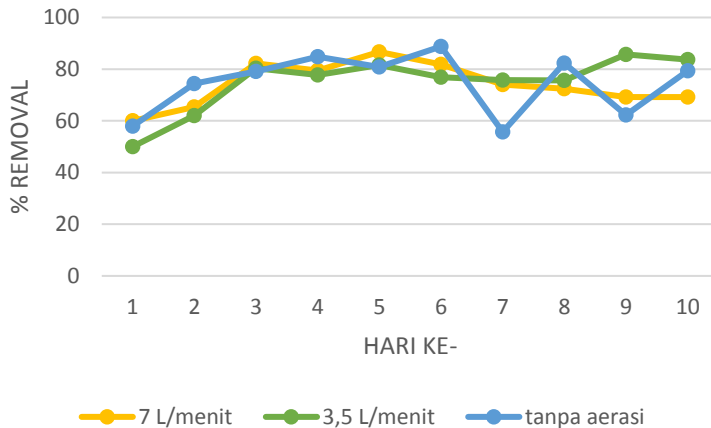
Hasil dari penurunan kandungan TSS pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dengan debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada pada hari pertama yaitu sebesar 60% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 100 mg/L dan 40 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-4 dan ke-6. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada media genteng.

Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-5 dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 180 mg/L dan 24 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 86,67%.

Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan TSS mengalami penurunan yang signifikan pada hari ke-7 yang disebabkan oleh terjadinya penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang

akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal. Kemudian pada hari ke-10 dan didapatkan persen removal 69,23%.

Perbandingan hasil persentase removal COD pada media kerikil dapat dilihat pada Gambar 4.23.



**Gambar 4. 23 Perbandingan Persentase Removal TSS pada Media Genteng dengan Variasi Debit Aerasi**

Dari Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa persen removal awal pada hari pertama didapatkan persen removal yang lebih tinggi pada variasi tanpa aerasi. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kandungan TSS dengan media pecahan genteng dengan tanpa aerasi lebih efektif dibandingkan dengan menggunakan debit aerasi 3,5 L/minit. Hal ini dikarenakan dengan suplai oksigen melalui debit aerasi dapat membantu mendegradasi air limbah dan mengurangi kadar organik dalam air limbah. Oleh karena itu, pada inlet pada ke-3 media reaktor telah mengalami penurunan kandungan organik terlebih dahulu sehingga kandungan TSS menjadi lebih kecil pula.



#### 4.4.2.2 Analisis Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball

Penurunan kandungan TSS pada media bioball terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit, 7 L/menit, dan tanpa aerasi. *Running* dilakukan bersamaan dengan media lainnya yaitu pecahan genteng dan kerikil.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan TSS pada air bekas pencucian jeans dengan bioball dapat dilihat pada Tabel 4.19.

**Tabel 4. 19 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball Tanpa Aerasi**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Tanpa aerasi			
1	320	84	73,75
2	396	64	83,84
3	352	64	81,82
4	400	80	80,00
5	432	84	80,56
6	436	64	85,32
7	316	84	73,42
8	336	48	85,71
9	164	68	58,54
10	260	60	76,92

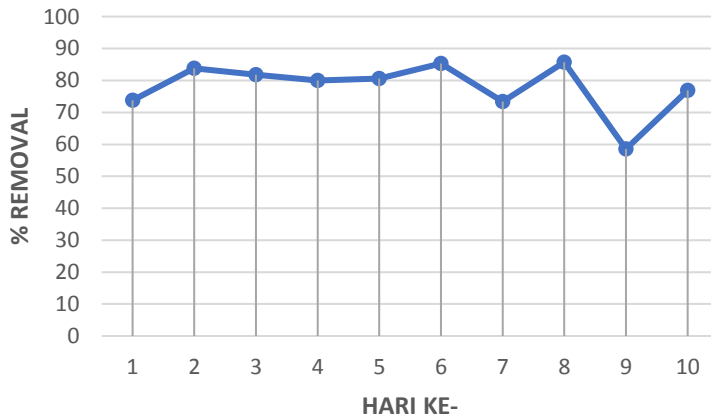
Hasil penurunan kandungan TSS pada media bioball dengan tanpa aerasi memberikan removal yang cukup baik. Pada Tabel 4.19 dapat dilihat bahwa removal awal pada hari pertama adalah sebesar 73,75%. Kemudian mengalami kenaikan yang fluktuatif pada hari berikutnya. Pada hari ke-2 sudah didapatkan removal yang cukup besar yaitu sebesar 83,84% dengan hasil outlet sebesar 64 mg/L dan pada hari ke-3 memberikan removal sebesar 81,82% dengan hasil outlet 64 mg/L. Terjadinya hasil yang

fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada bioball.

Titik kestabilan kemampuan mendegradasi kadar zat organik terjadi pada hari ke-4 dan hari ke-5.

Kemampuan maksimum removal terjadi pada hari ke-8 dimana persen removal sebesar 88,89% dengan inlet sebesar 336 mg/L dan outlet sebesar 48 mg/L.

Penurunan persen removal terjadi pada hari ke-9 dan ke-10 dan removalnya masih fluktuatif namun tidak bisa melampaui persen removal yang lebih maksimal dibandingkan hari ke-8. Pada hari ke-10 didapat persen removal sebesar 76,92% Setelah mencapai kemampuan maksimum dalam meremoval kadar zat organik, efisiensi akan mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah. Kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.24.



**Gambar 4. 24 Persentase Removal TSS pada Media Bioball dengan Tanpa Aerasi**

*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan

disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.20.

**Tabel 4. 20 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 3,5 L/menit			
1	160	72	55,00
2	100	44	56,00
3	228	40	82,46
4	176	40	77,27
5	200	24	88,00
6	156	36	76,92
7	128	28	78,12
8	148	24	83,78
9	216	36	83,33
10	196	40	79,59

Pada hasil penurunan dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 3,5 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula baik di outlet maupun outletnya. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

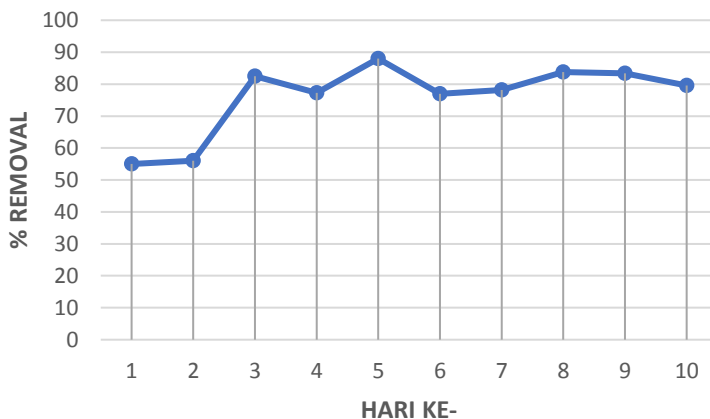
Pada hari pertama didapatkan persen removal yang sudah cukup besar yaitu sebesar 55%. Kemudian pada hari berikutnya persen removal mengalami fluktuasi. Persen removal yang didapatkan lebih tinggi dibanding dengan variasi sebelumnya yaitu media bioball dengan tanpa aerasi. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga

berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada bioball.

Persen removal maksimal yang didapatkan adalah sebesar 88% pada hari ke-5 dengan inlet sebesar 200 mg/L dan outlet yang didapat sebesar 24 mg/L. Kemudian pada hari ke-8 didapat persen removal yang cukup besar sebesar 83,78% dengan hasil inlet dan outlet berturut-turut sebesar 148 mg/L dan 24 mg/L.

Setelah mendapatkan removal maksimum pada hari ke-5, persen removal mengalami penurunan yang fluktuatif. Penurunan persen removal air limbah dapat dilihat di hari ke-6 dengan ditandai dengan turunnya persen removal menjadi sebesar 76,92%, kemudian pada hari berikutnya didapat persen removal yang meningkat kembali sebesar 83,78%. Hasil persen removal ini tidak melampaui hasil maksimum yang sudah didapat pada hari ke-6 dan ke-7. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah.

Berikut ini kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.25.



**Gambar 4. 25 Persentase Removal TSS pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.21.

**Tabel 4. 21 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari Ke-	Inlet Bak Penampung (mg/L)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 7 L/menit				
1	452	100	36	64,00
2	452	108	36	66,67
3	464	180	32	82,22
4	468	160	28	82,50
5	464	180	20	88,89
6	460	132	28	78,79
7	456	108	24	77,78
8	464	116	28	75,86
9	456	108	28	74,07
10	468	104	32	69,23

Pada penurunan kandungan TSS dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pada inletnya dibandingkan dengan inlet pada perlakuan tanpa aerasi.

Variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi pada air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

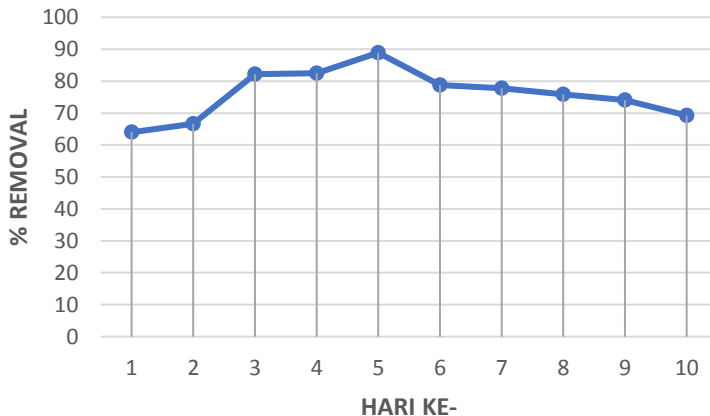
Hasil dari penurunan kandungan TSS pada air bekas pencucian jeans dengan media bioball dengan debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada

pada hari pertama yaitu sebesar 64% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 100 mg/L dan 36 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan.

Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-5 dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 180 mg/L dan 20 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 88,89%.

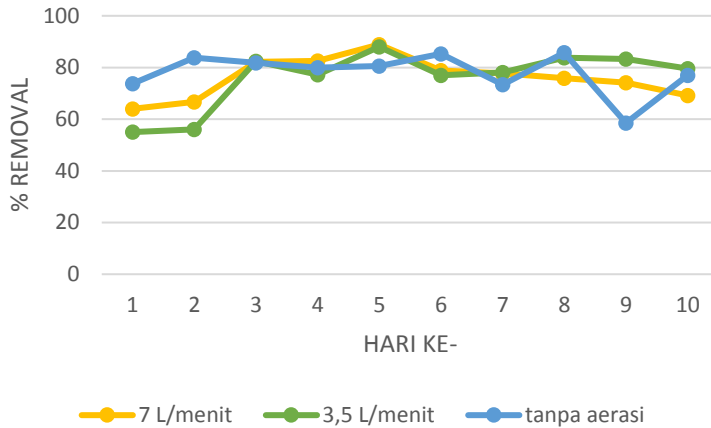
Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan TSS mengalami penurunan pada hari ke-6. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada media bioball. Pada hari ke-10 dan didapatkan persen removal 69,23%. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah.

Persentase kemampuan removal TSS dapat dilihat pada Gambar 4.26.



**Gambar 4. 26 Persentase Removal TSS pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Perbandingan hasil persentase removal TSS pada media bioball dapat dilihat pada Gambar 4.27.



**Gambar 4. 27 Perbandingan Persentase Removal TSS pada Media Bioball dengan Variasi Debit Aerasi**

Dari gambar 4.27 dapat dilihat bahwa secara umum persentase removal maksimum yang didapat lebih tinggi dengan variasi aerasi 7 L/menit dibandingkan dengan tanpa aerasi. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kandungan TSS dengan media bioball dan debit aerasi 7 L/menit lebih efektif mendegradasi air limbah.

Hal ini menunjukkan bahwa media bioball memiliki persen removal lebih besar dari media genteng dan proses pendegradasian di media bioball lebih baik dari media genteng sehingga menghasilkan outlet dan removal yang lebih baik.

#### 4.4.2.3 Analisis Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil

Penurunan kandungan TSS pada media kerikil terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5L/menit, 7 L/menit, dan tanpa aerasi. *Running* dilakukan bersamaan dengan media lainnya yaitu pecahan genteng dan bioball.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan TSS pada air bekas pencucian jeans dengan kerikil dapat dilihat pada Tabel 4.22.

**Tabel 4. 22 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil Tanpa Aerasi**

Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Tanpa aerasi			
1	320	124	61,25
2	396	92	76,77
3	360	88	75,56
4	400	116	71,00
5	436	108	75,23
6	428	72	83,18
7	312	60	80,77
8	336	60	82,14
9	168	72	57,14
10	268	76	71,64

Pada hasil penurunan kandungan TSS dengan menggunakan media kerikil dengan tanpa aerasi menunjukkan penurunan yang lebih rendah dibandingkan dengan dua media yang lain.

Pada hari pertama, persen removal yang didapat pada media kerikil sebesar 61,25%. Kemudian pada hari berikutnya mengalami fluktuasi pada pendegradasian kadar organik pada limbah sehingga hasil yang didapatkan hasil yang naik turun, kenaikan persen removal hanya mencapai 76,77% dan turun kembali menjadi 71%. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada media kerikil.

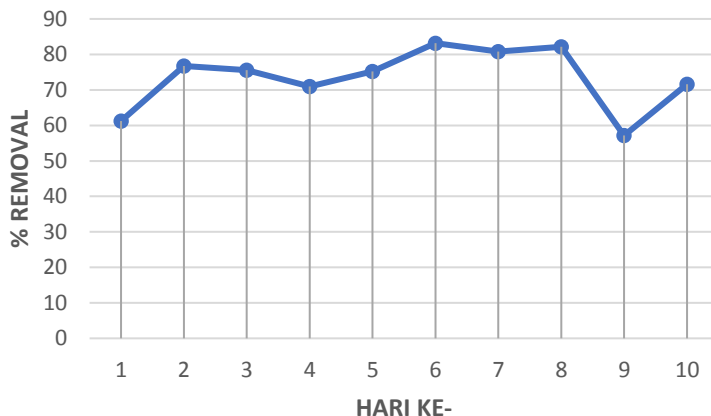


Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Persen removal maksimal yang didapatkan adalah sebesar 83,18% yang terletak pada hari ke-6 dengan kandungan TSS pada inlet sebesar 428 mg/L dan hasil outlet yang didapatkan sebesar 72 mg/L.

Setelah mencapai kondisi maksimal di hari ke-6, hari selanjutnya persen removal mengalami fluktuasi hasil persen removal. Pada hari ke-9 didapatkan persen removal yang menurun menjadi 57,14% yang merupakan persen removal terendah pada perlakuan ini. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah.

Berikut adalah kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.28.



**Gambar 4. 28 Persentase Removal TSS pada Media Kerikil dengan Tanpa Aerasi**

*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.23.

**Tabel 4. 23 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

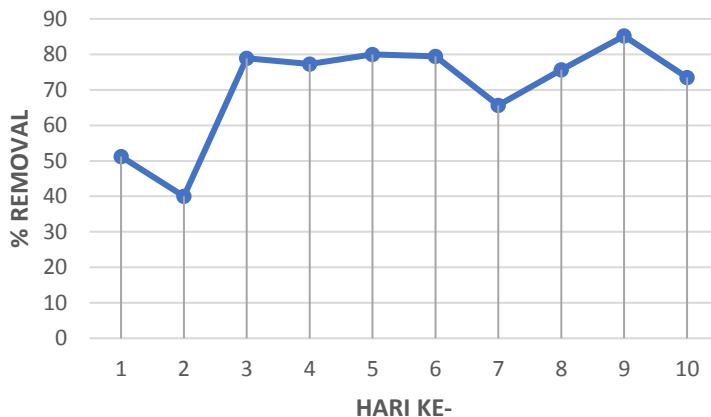
Hari Ke-	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 3,5 L/menit			
1	164	80	51,22
2	100	60	40,00
3	228	48	78,95
4	176	40	77,27
5	200	40	80,00
6	156	32	79,49
7	128	44	65,63
8	148	36	75,68
9	216	32	85,19
10	196	52	73,47

Pada hasil penurunan kandungan TSS pada media kerikil dengan variasi 3,5 L/menit memberikan hasil yang lebih baik daripada perlakuan sebelumnya. Pada hari pertama didapat persen removal sebesar 51,22% dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 164 mg/L dan 80 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya persen removal mengalami fluktuasi setiap harinya. Seperti halnya pada hari ke-7 terjadi fluktuasi penurunan pada removal TSS dari 79,49% menjadi 65,63%. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada media

kerikil. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Persen removal maksimum yang didapat terletak pada hari ke-9 dengan nilai persen removal sebesar 85,19% dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 216 mg/L dan 32 mg/L. Persen removal terendah terletak pada hari ke-10 dimana didapatkan persen removal sebesar 40%.

Kemampuan efisiensi removal kandungan TSS dapat dilihat pada Gambar 4.29.



**Gambar 4. 29 Persentase Removal TSS pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media kerikil dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan TSS dapat dilihat pada Tabel 4.24.

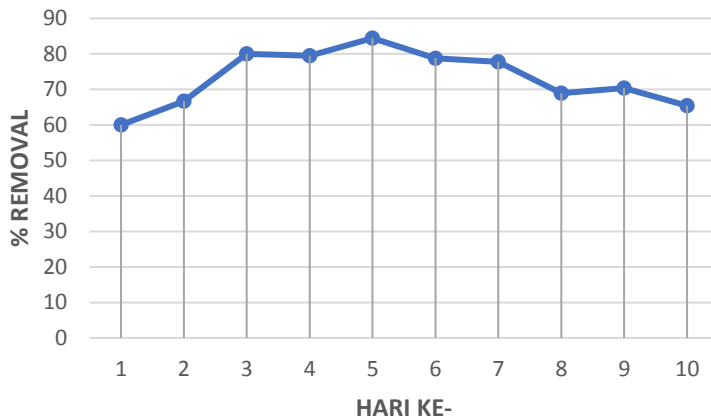
**Tabel 4. 24 Hasil Penurunan Kandungan TSS pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari Ke-	Inlet Bak Penampung (mg/L)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)	% Efisiensi Removal
Debit aerasi = 7 L/menit				
1	452	100	40	60,00
2	452	108	36	66,67
3	464	180	36	80,00
4	468	156	32	79,49
5	464	180	28	84,44
6	460	132	28	78,79
7	456	108	24	77,78
8	464	116	36	68,97
9	456	108	32	70,37
10	468	104	36	65,38

Pada penurunan kandungan TSS dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pada inletnya dibandingkan dengan inlet pada perlakuan tanpa aerasi. Nilai TSS awal pada bak penampung pada range sebesar 452-464 mg/L

Variasi debit aerasi dapat membantu memberi aerasi pada air limbah sehingga dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

Persentase kemampuan removal TSS dapat dilihat pada Gambar 4.30.



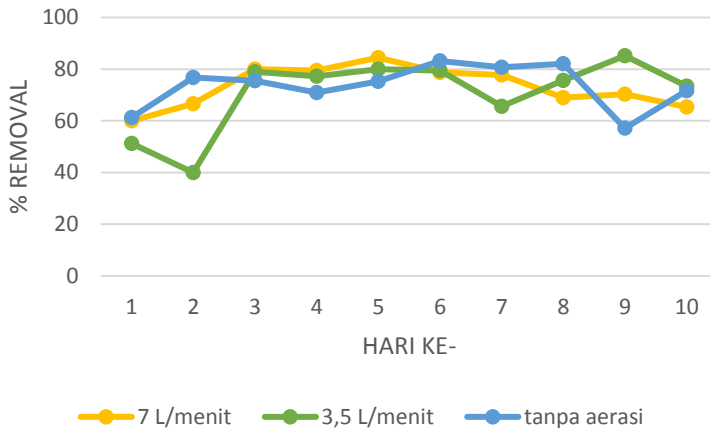
**Gambar 4. 30 Persentase Removal TSS pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hasil dari penurunan kandungan TSS pada air bekas pencucian jeans dengan media kerikil dengan debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal terendah ada pada hari pertama yaitu sebesar 60% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 100 mg/L dan 40 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun mengalami penurunan removal pada hari ke-4 sebesar 79,49%. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan TSS pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal TSS pada media kerikil. Pada penurunan kandungan TSS dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pada inletnya dibandingkan dengan inlet pada perlakuan tanpa aerasi. Nilai TSS awal pada bak penampung pada range sebesar 452-464 mg/L

Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-5 dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 180 mg/L dan 28 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 84,44%. Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan TSS mengalami penurunan pada hari ke-6. Pada hari

ke-10 dan didapatkan persen removal 65,38%. Hal ini terjadi karena mikroba yang terdapat pada media memecah konsentrasi-konsentrasi zat organik dari air limbah.

Perbandingan hasil persentase removal TSS pada media kerikil dapat dilihat pada Gambar 4.31.



**Gambar 4. 31 Perbandingan Persentase Removal TSS pada Media Kerikil dengan Variasi Debit Aerasi**

Pada Gambar 4.31 dapat dilihat bahwa persentase removal kandungan TSS lebih tinggi pada variasi debit aerasi 7 L/menit. Pada hari pertama perlakuan didapat removal yang lebih besar pada variasi tanpa aerasi. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan removal yang fluktuatif pada ketiga variasi.

Kemampuan maksimum pada media kerikil dengan tanpa aerasi, debit aerasi 3,5 L/menit, dan debit aerasi 7 L/menit berturut-turut sebesar 83,18% dan 85,19%, dan 84,44%. Maka dapat dilihat bahwa penurunan kandungan TSS dengan media bioball dan variasi debit aerasi 3,5 L/menit dapat meremoval lebih tinggi dibandingkan dua variasi lainnya, hal ini menunjukkan bahwa media kerikil dengan debit aerasi 3,5 L/menit mendegradasi bahan organik lebih optimal.

Dari hasil penurunan kandungan TSS secara keseluruhan, berikut adalah rincian kemampuan efisiensi removal terbesar untuk menurunkan kandungan TSS untuk setiap media dan variasi dapat dilihat pada Tabel 4.25.

**Tabel 4. 25 Efisiensi removal TSS maksimum tiap Media**

Media	Efisiensi removal maksimum (%)		
	Tanpa aerasi	3,5 L/menit	7 L/menit
Pecahan genteng	88,78	85,71	86,67
Bioball	85,71	88,00	88,89
Kerikil	83,18	85,19	84,44

Dari Tabel 4.25 dapat disimpulkan bahwa penurunan kandungan TSS paling efektif dengan menggunakan media bioball dengan debit aerasi 7 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa media bioball mendegradasi air limbah secara maksimal karena permukaan bioball yang berongga dapat menjadikan berkembang pesatnya pertumbuhan mikroorganisme yang akan mendegradasi bahan organik pada air limbah.

#### **4.4.3 Hasil Penurunan Kandungan Warna**

Parameter lain yang diuji pada penelitian ini adalah parameter warna. Pada penelitian ini parameter yang digunakan adalah kandungan warna dalam air bekas pencucian jeans.

Zat warna tekstil umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena yang berbahaya bagi lingkungan (Lee dan Nikraz, 2015). Zat warna yang sering digunakan pada industri tekstil adalah naptol dimana zat warna ini dapat dipakai untuk mencelup secara cepat dan mempunyai warna yang kuat dan tidak dapat larut dalam air (Laksono, 2012). Kandungan warna pada limbah air pencucian jeans berasal dari zat warna dan padatan tersuspensi dimana akan menyebabkan terjadinya kekeruhan dan warna semu pada air limbah, hal ini dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam di perairan sehingga respirasi mikroorganisme berlangsung tidak sempurna dan juga

menyebabkan oksigen di perairan berkurang (Irmayana dkk, 2017) Mekanisme biofilter untuk menurunkan zat warna adalah mikroorganisme mereduksi zat organik tersuspensi pada air limbah yang akan menurunkan pula warna semu pada air limbah (Said, 2005).

Namun penggunaan biofilter kurang efektif untuk menurunkan kandungan warna karena kemampuan mikroorganisme aerob dalam menurunkan zat warna yang relatif rendah (Said, 2005). Menurut penelitian terdahulu, penurunan warna dapat dilakukan dengan bantuan anaerob dimana penurunan warna akan disebabkan karena terjadinya penguapan zat warna organik pada kondisi aerob setelah terlebih dahulu dilakukan pengolahan anaerob untuk memecah molekul zat warna (Manurung, 2014). Selain itu dapat pula dilakukan pengolahan fisik-kimia terlebih dahulu dengan menggunakan koagulasi (Soewondo dan Putri, 2010)

Pengolahan biologis yang dapat pula dilakukan dalam menurunkan kandungan warna adalah dengan menggunakan fungi *Aspergillus niger* (El-Rahim, 2009). Pada penelitian ini hal yang lebih berperan dalam menurunkan kandungan warna adalah media filter karena luas permukaan media dapat membantu menahan zat tersuspensi dari zat warna dapat terpisah dengan air limbah (Filliazati dkk, 2017). Media pecahan genteng, bioball, dan kerikil dapat melakukan fungsinya sebagai filter yang memiliki pori-pori tertentu untuk membantu memisahkan zat tersuspensi dalam air (Rahmah dan Mulasari, 2015).

Kalibrasi warna terhadap sampel air limbah dilakukan untuk mendapatkan panjang gelombang optimum pada alat spektrofotometer yang hasilnya akan digunakan sebagai panjang gelombang pada pembacaan nilai adsorban larutan warna (Rakhmawati, 2013). Pengoperasian yang efektif untuk analisis warna dengan menggunakan spektrofotometer yaitu 400 nm – 700 nm (APHA dkk, 2000). Menurut Jannatin (2011), panjang gelombang yang digunakan untuk menguji parameter warna pada limbah industri tekstil berada pada rentang 500 nm – 600 nm. Menurut Rakhmawati (2013), pembacaan nilai adsorbansi warna dalam air bekas pencucian jeans memiliki panjang gelombang optimum sebesar 570 nm.



Untuk mencari panjang gelombang yang digunakan dalam rentang 400 nm – 700 nm dapat dilakukan dengan menambahkan panjang gelombang 10 nm tiap pembacaan. Setelah didapatkan nilai adsorbansi dari masing-masing selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap perubahan nilai adsorbansi yang terbaca pada spektrofotometer. Nilai adsorbansi yang terbaca mengalami kecenderungan meningkat sampai batas optimum kemudian mengalami penurunan. Panjang gelombang yang digunakan untuk pembacaan nilai adsorbansi adalah panjang gelombang yang mempunyai nilai adsorbansi tertinggi dibandingkan dengan panjang gelombang lainnya. Berikut nilai adsorbansi masing-masing panjang gelombang untuk mengetahui panjang gelombang optimal dapat dilihat pada Tabel 4.26.

**Tabel 4. 26 Nilai Adsorbansi untuk Masing-masing Panjang Gelombang (600 nm-700 nm)**

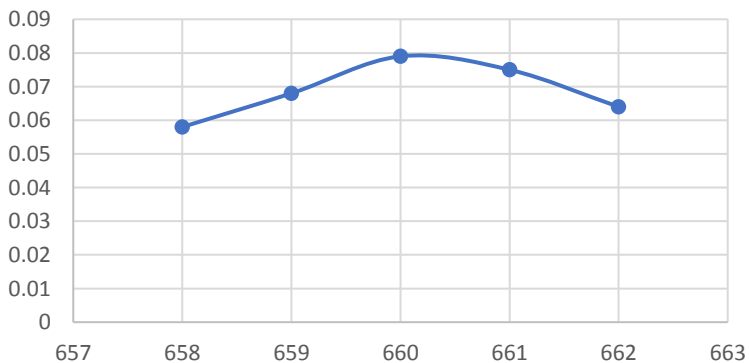
<b>Panjang Gelombang (nm)</b>	<b>Hasil Adsorbansi (A)</b>
600	0,02
610	0,021
620	0,022
630	0,023
640	0,024
650	0,026
660	0,027
670	0,027
680	0,025
690	0,022

Pada Tabel 4.26 dapat dilihat bahwa hasil adsorbansi tertinggi terletak pada panjang gelombang 660 nm – 670 nm. Kemudian dilakukan pembacaan spektrofotometer kembali dimulai dari panjang gelombang 660 nm dan dilakukan penambahan 1 nm setiap pembacaan. Hasil pembacaan spektrofotometer dapat dilihat pada Tabel 4.27.

**Tabel 4. 27 Nilai Adsorbansi untuk Masing-masing Panjang Gelombang (660 nm-670 nm)**

Panjang Gelombang (nm)	Hasil Absorbansi (A)
658	0,058
659	0,068
660	0,079
661	0,075
662	0,064

Pada Tabel 4.27 dapat dilihat bahwa hasil adsorbansi tertinggi terletak pada panjang gelombang 660 nm. Hal ini dapat menunjukkan bahwa untuk pengujian parameter penurunan warna pada air bekas pencucian jeans menggunakan panjang gelombang yang optimal yaitu 660 nm. Kemudian dari data diatas diplotkan dalam grafik sehingga didapatkan kurva kalibrasi pada Gambar 4.32.



**Gambar 4. 32 Kurva Adsorbansi Panjang Gelombang Optimum**

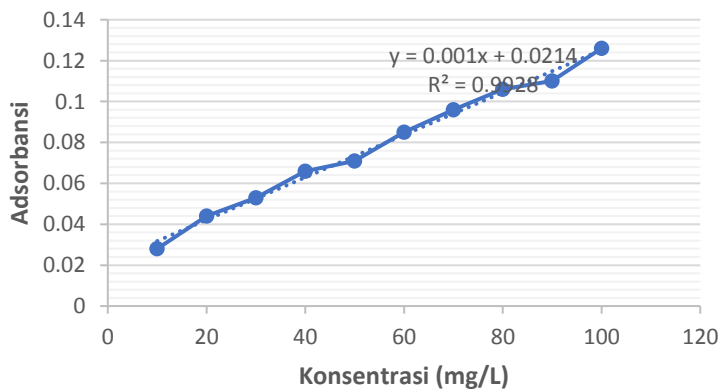
Untuk membuat kurva kalibrasi, pertama kali diambil 10 sampel air limbah bekas pencucian jeans dengan konsentrasi air limbah sebesar 10% hingga 100% kemudian diujikan pada spektrofotometer. Setelah didapatkan panjang gelombang

optimum yaitu sebesar 660 nm, nilai adsorbansi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.28.

**Tabel 4. 28 Nilai Adsorbansi untuk Masing-masing Konsentrasi Limbah**

Konsentrasi (mg/L)	Adsorbansi (A)
10	0,028
20	0,034
30	0,053
40	0,066
50	0,071
60	0,095
70	0,106
80	0,106
90	0,11
100	0,126

Kemudian dari data diatas diplotkan dalam grafik sehingga didapatkan kurva kalibrasi pada Gambar 4.33.



**Gambar 4. 33 Kurva Kalibrasi Penurunan Kandungan Warna pada Limbah Pencucian Jeans**

Dengan nilai  $R =$  mendekati 1, maka kurva kalibrasi ini dapat digunakan sebagai acuan untuk analisis warna. Nilai range agar warna terbaca 0,03 – 0,125 A. Hal ini menunjukkan bahwa angka adsorbansi yang terbaca pada spektrofotometer tidak boleh kurang dari 0,03 A dan tidak boleh lebih dari 0,125 A. Jika melebihi range maka dapat dilakukan pengenceran hingga mendapat hasil yang sesuai range.

Setelah nilai adsorbansi didapatkan, maka nilai tersebut di plot kedalam *trendline* yang muncul pada kurva kalibrasi. Sehingga didapatkan konsentrasi warna pada air limbah. Rumus persamaan kalibrasi warna sebagai berikut:

$$y = 0,001x + 0,0214 \dots \dots \dots (4.1)$$

dimana:

y = nilai adsorbansi warna (A)

x = konsentrasi warna (mg/L)

Sehingga dapat dihitung konsentrasi warna dan removal penurunan warna pada air bekas pencucian jeans dengan filter media pecahan genteng, bioball, dan kerikil.

#### **4.4.3.1 Analisis Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng**

Penurunan kandungan warna pada media pecahan genteng terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit, 7 L/menit, dan tanpa aerasi.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan warna pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dapat dilihat pada Tabel 4.29.

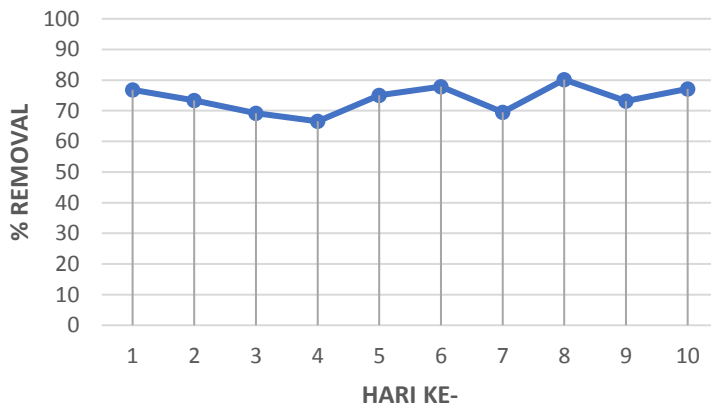
**Tabel 4. 29 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng Tanpa Aerasi**

Hari ke-	Tanpa aerasi				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	
1	0,093	72	0,038	17	76,82
2	0,08	59	0,037	16	73,38
3	0,072	51	0,037	16	69,17
4	0,08	59	0,041	20	66,55
5	0,084	63	0,037	16	75,08
6	0,083	62	0,035	14	77,92
7	0,066	45	0,035	14	69,51
8	0,09	69	0,035	14	80,17
9	0,072	51	0,035	14	73,12
10	0,081	60	0,035	14	77,18

Hasil penurunan kandungan warna pada media pecahan genteng dengan tanpa debit aerasi dapat dilihat bahwa removal terendah terjadi pada hari ke-4 penelitian yaitu sebesar 66,55% dengan konsentrasi inlet dan outletnya berturut-turut sebesar 59 mg/L dan 20 mg/L. Kemudian hari ke-5 dan seterusnya mengalami fluktuasi persen removalnya. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal kandungan warna pada media pecahan genteng.

Efisiensi removal tertinggi dalam penelitian ini terdapat pada hari ke-8 yaitu sebesar 80,17% dengan konsentrasi inlet sebesar 69 mg/L dan outlet sebesar 14 mg/L. Penurunan efisiensi removal mulai terlihat pada hari ke-9 dengan hasil persen removal menjadi sebesar 70,94% namun mengalami fluktuasi pada hari berikutnya hingga didapat persen removal pada hari ke-10

77,18%. Berikut kemampuan removal kandungan warna dapat dilihat pada Gambar 4.34.



**Gambar 4. 34 Persentase Removal Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Tanpa Aerasi**

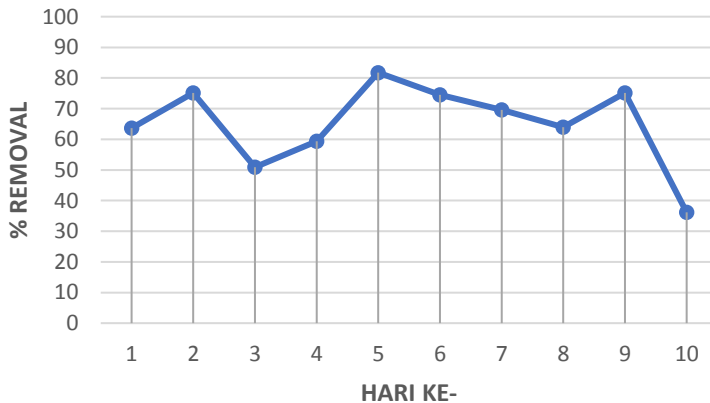
*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media pecahan genteng dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan warna dapat dilihat pada Tabel 4.30.

**Tabel 4. 30 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari ke-	Variasi = 3,5 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	
1	0.056	35	0.034	13	63.58
2	0.064	43	0.032	11	75.12
3	0.043	22	0.032	11	50.93
4	0.045	24	0.031	10	59.32

Hari ke-	Variasi = 3,5 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	
5	0.074	53	0.031	10	81.75
6	0.059	38	0.031	10	74.47
7	0.053	32	0.031	10	69.62
8	0.048	27	0.031	10	63.91
9	0.064	43	0.032	11	75.12
10	0.038	17	0.032	11	36.14

Persentase kemampuan removal warna dapat dilihat pada Gambar 4.35.



**Gambar 4. 35 Persentase Removal Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Pada penurunan kandungan warna dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 3,5 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pada inletnya dibandingkan dengan inlet pada perlakuan tanpa aerasi. Dengan variasi debit aerasi dapat

membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah.

Hasil dari penurunan kandungan warna pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dan debit aerasi sebesar 3,5 L/menit menunjukkan bahwa pada hari pertama didapat persen removal sebesar 63,58% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 35 mg/L dan 13 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami fluktuasi pada persen removalnya. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada zat organik yang tersuspensi pada air limbah dan mempengaruhi efisiensi removal kandungan warna pada media pecahan genteng.

Hasil persen removal maksimum didapatkan pada hari ke-5 dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 53 mg/L dan 10 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 81,75%. Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan TSS mengalami penurunan pada hari ke-10 dan didapatkan persen removal 36,14% yang merupakan removal terendah.

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media pecahan genteng dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan warna dapat dilihat pada Tabel 4.31.

**Tabel 4. 31 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari ke-	Variasi = 7 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	
1	0.043	22	0.031	10	55.56
2	0.055	34	0.031	10	71.43
3	0.068	47	0.03	9	81.55



Hari ke-	Variasi = 7 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	
4	0.065	44	0.03	9	80.28
5	0.069	48	0.03	9	81.93
6	0.046	25	0.03	9	65.04
7	0.033	12	0.03	9	25.86
8	0.044	23	0.03	9	61.95
9	0.054	33	0.03	9	73.62
10	0.043	22	0.03	9	60.19

Hasil penurunan kandungan warna dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula di outletnya. Nilai kandungan awal pada bak penampung pada kisaran sebesar 100-250 mg/L. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah sehingga berpengaruh pada kandungan warna pada air limbah.

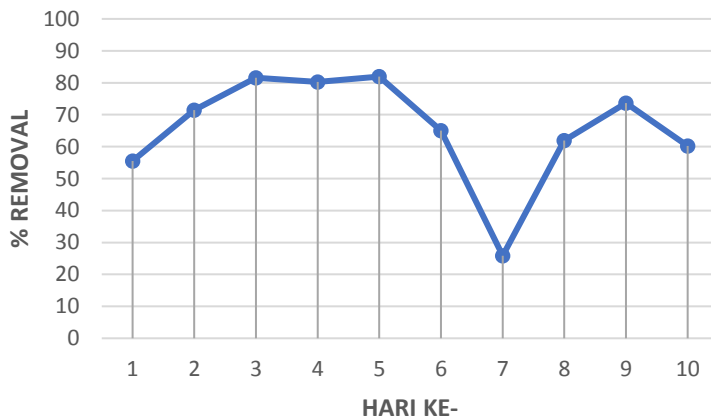
Hasil dari penurunan kandungan warna pada air bekas pencucian jeans dengan media pecahan genteng dan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal pada hari pertama sebesar 55,56% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 22 mg/L dan 10 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-4 dan hari ke-6. Pada hari ke-7 mengalami penurunan removal yang signifikan yaitu sebesar 25,86%.

Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal warna pada media pecahan genteng. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang

sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

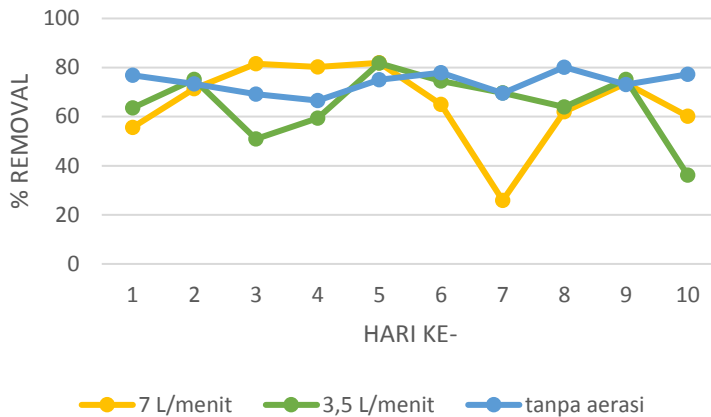
Hasil removal penurunan kandungan warna maksimum didapatkan pada hari ke-5, dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 48 mg/L dan 9 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 81,93%.

Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan warna mengalami penurunan mulai hari ke-7 dan pada hari ke-10 didapatkan persen removal 60,19%. Persentase kemampuan removal warna dapat dilihat pada Gambar 4.36.



**Gambar 4. 36 Persentase Removal Warna pada Media Pecahan Genteng dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Perbandingan hasil persentase removal warna pada media kerikil dapat dilihat pada Gambar 4.37.



**Gambar 4. 37 Perbandingan Persentase Removal Warna pada Media Genteng dengan Variasi Debit Aerasi**

Dari Gambar 4.37 dapat dilihat bahwa kenaikan persen removal yang didapatkan lebih tinggi pada perlakuan variasi debit aerasi 7 L/menit dengan removal maksimum yang didapatkan sebesar 81,93%. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kandungan warna dengan media pecahan genteng dengan debit aerasi 3,5 L/menit lebih efektif dibandingkan dengan tanpa aerasi. Hal ini dikarenakan dengan suplai oksigen melalui debit aerasi dapat membantu mendegradasi air limbah dan mengurangi kadar organik dalam air limbah. Oleh karena itu, pada inlet pada ke-3 media reaktor telah mengalami penurunan kandungan organik terlebih dahulu sehingga kandungan warna menjadi lebih kecil pula.

#### 4.4.3.2 Analisis Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball

Penurunan kandungan warna pada media bioball terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit, 7

L/menit, dan tanpa aerasi. *Running* dilakukan bersamaan dengan media lainnya yaitu pecahan genteng dan kerikil.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan warna pada air bekas pencucian jeans dengan bioball dapat dilihat pada Tabel 4.32.

**Tabel 4. 32 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball Tanpa Aerasi**

Hari ke-	Tanpa aerasi				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	
1	0,096	75	0,036	15	80,43
2	0,079	58	0,032	11	81,60
3	0,067	46	0,032	11	76,75
4	0,081	60	0,04	19	68,79
5	0,078	57	0,035	14	75,97
6	0,084	63	0,033	12	81,47
7	0,059	38	0,033	12	69,15
8	0,08	59	0,033	12	80,20
9	0,072	51	0,033	12	77,08
10	0,081	60	0,033	12	80,54

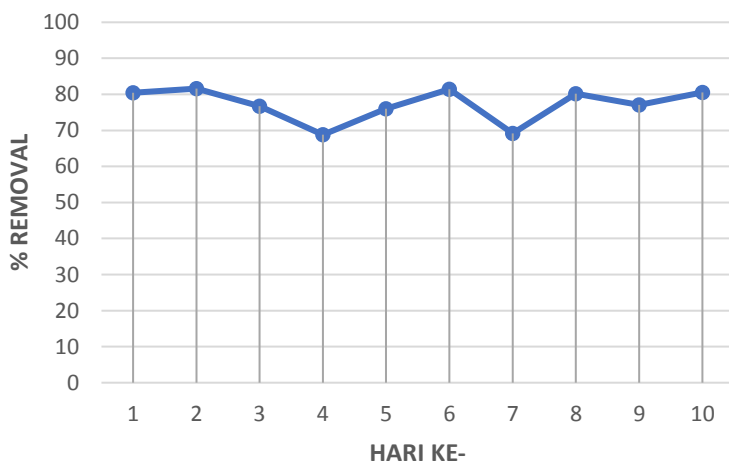
Hasil penurunan kandungan warna pada media bioball dengan tanpa aerasi memberikan removal yang cukup baik. Pada Tabel 4.23 dapat dilihat bahwa removal awal pada hari pertama adalah sebesar 80,43%. Kemudian mengalami kenaikan yang fluktuatif pada hari berikutnya. Pada hari ke-3 mengalami penurunan removal yaitu sebesar 76,75% dengan hasil outlet sebesar 11 mg/L. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal warna pada media bioball. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi

melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Kemampuan maksimum removal terjadi pada hari ke-6 dimana persen removal sebesar 81,47% dengan inlet sebesar 63 mg/L dan outlet sebesar 12 mg/L.

Penurunan persen removal mulai terjadi pada hari ke-7 dan seterusnya dan removalnya masih fluktuatif namun tidak bisa melampaui persen removal yang lebih maksimal dibandingkan hari ke-6. Pada hari ke-10 didapat persen removal sebesar 80,54%

Kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.38.



**Gambar 4. 38 Persentase Removal Warna pada Media Bioball dengan Tanpa Aerasi**

*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan warna dapat dilihat pada Tabel 4.33.

**Tabel 4. 33 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari ke-	Variasi = 3,5 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb Ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Adsorb ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	
1	0.053	32	0.031	10	69.62
2	0.061	40	0.031	10	75.76
3	0.043	22	0.031	10	55.56
4	0.045	24	0.031	10	59.32
5	0.075	54	0.031	10	82.09
6	0.055	34	0.03	9	74.40
7	0.048	27	0.031	10	63.91
8	0.048	27	0.031	10	63.91
9	0.063	42	0.03	9	79.33
10	0.038	17	0.031	10	42.17

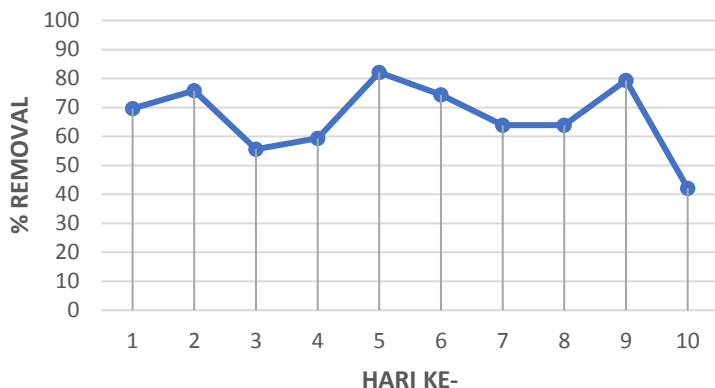
Pada hasil penurunan dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 3,5 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula baik di outlet maupun inletnya. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah.

Pada hari pertama didapatkan persen removal yang sudah cukup besar yaitu sebesar 69,62%. Kemudian pada hari berikutnya persen removal mengalami fluktuasi. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal warna pada media bioball.

Persen removal maksimal yang didapatkan adalah sebesar 82,09% pada hari ke-5 dengan inlet sebesar 54 mg/L dan outlet yang didapat sebesar 10 mg/L.

Setelah mendapatkan removal maksimum pada hari ke-5, persen removal mengalami penurunan yang fluktuatif. Penurunan

persen removal air limbah dapat dilihat di hari ke-6 dengan ditandai dengan turunnya persen removal menjadi sebesar 74,4%, Berikut ini kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.39.



**Gambar 4. 39 Persentase Removal Warna pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

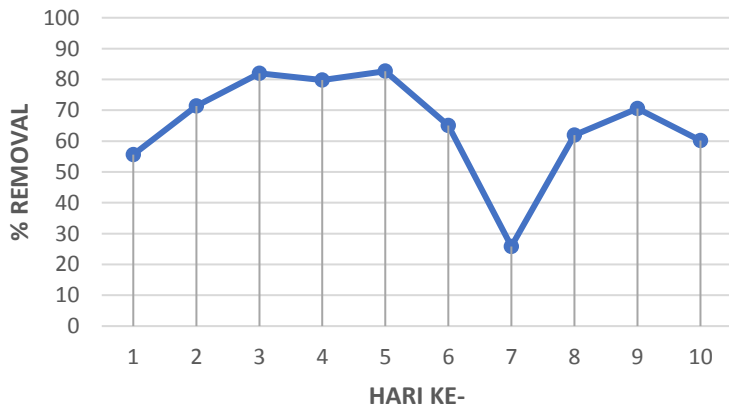
*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan warna dapat dilihat pada Tabel 4.34.

**Tabel 4. 34 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari ke-	Debit aerasi = 7 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	
1	0,043	22	0,031	10	55,56
2	0,055	34	0,031	10	71,43
3	0,069	48	0,03	9	81,93

Hari ke-	Debit aerasi = 7 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	
4	0,069	48	0,031	10	79,83
5	0,071	50	0,03	9	82,66
6	0,046	25	0,03	9	65,04
7	0,033	12	0,03	9	25,86
8	0,044	23	0,03	9	61,95
9	0,054	33	0,031	10	70,55
10	0,043	22	0,03	9	60,19

Persentase kemampuan removal kandungan warna dapat dilihat pada Gambar 4.40.



**Gambar 4. 40 Persentase Removal Warna pada Media Bioball dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hasil penurunan kandungan warna dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal



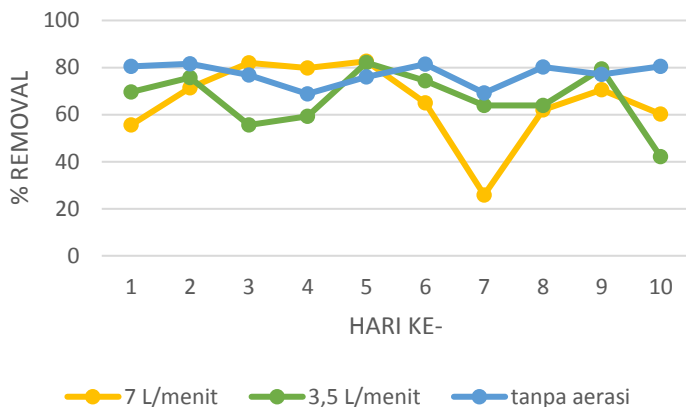
yang cukup besar pula di outletnya. Nilai kandungan awal pada bak penampung pada range sebesar 100-250 mg/L. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah sehingga berpengaruh pada kandungan warna pada air limbah.

Hasil dari penurunan kandungan warna pada air bekas pencucian jeans dengan media bioball dengan debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal pada hari pertama sebesar 55,56% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 22 mg/L dan 10 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-4 dan hari ke-6. Pada hari ke-7 mengalami penurunan removal yang signifikan yaitu sebesar 25,86%.

Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal warna pada media bioball. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Hal ini mempengaruhi pula penurunan kandungan warna pada air limbah oleh mikroorganisme dan filter pada reaktor.

Hasil removal penurunan kandungan warna maksimum didapatkan pada hari ke-5, dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 50 mg/L dan 9 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 82,66%. Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan warna mengalami penurunan mulai hari ke-7 dan pada hari ke-10 didapatkan persen removal 60,19%.

Perbandingan hasil persentase removal warna pada media bioball dapat dilihat pada Gambar 4.41.



**Gambar 4. 41 Perbandingan Persentase Removal Warna pada Media Bioball dengan Variasi Debit Aerasi**

Dari gambar 4.41 dapat dilihat bahwa secara umum persentase removal yang didapat lebih tinggi dengan variasi aerasi 7 L/menit dibandingkan kedua variasi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan kandungan warna dengan media bioball dan debit aerasi 7 L/menit lebih efektif mendegradasi air limbah.

Hal ini menunjukkan bahwa media bioball memiliki persen removal lebih besar dari media genteng dan proses pendegradasian di media bioball lebih baik dari media genteng sehingga menghasilkan outlet dan removal yang lebih baik.

#### 4.4.3.3 Analisis Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil

Penurunan kandungan warna pada media kerikil terdiri dari tiga variasi yaitu variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit, 7 L/menit, dan tanpa aerasi. *Running* dilakukan bersamaan dengan media lainnya yaitu pecahan genteng dan bioball.

*Running* perlakuan pertama dilakukan dengan variasi tanpa aerasi. Hasil penurunan kandungan warna pada air bekas pencucian jeans dengan kerikil dapat dilihat pada Tabel 4.35.

**Tabel 4. 35 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil Tanpa Aerasi**

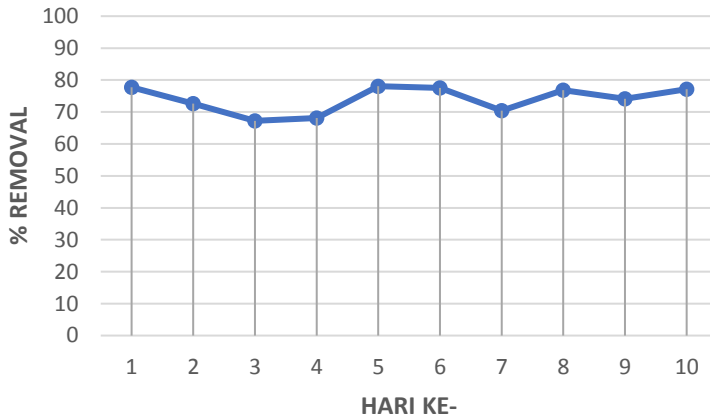
Hari ke-	Tanpa aerasi				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	
1	0,096	75	0,038	17	77,75
2	0,082	61	0,038	17	72,61
3	0,069	48	0,037	16	67,23
4	0,086	65	0,042	21	68,11
5	0,088	67	0,036	15	78,08
6	0,082	61	0,035	14	77,56
7	0,064	43	0,034	13	70,42
8	0,08	59	0,035	14	76,79
9	0,074	53	0,035	14	74,14
10	0,081	60	0,035	14	77,18

Pada hasil penurunan kandungan warna dengan menggunakan media kerikil dengan tanpa aerasi menunjukkan penurunan yang lebih rendah dibandingkan dengan dua media yang lain. Pada hari pertama, persen removal yang didapat pada media kerikil sebesar 77,75%. Kemudian pada hari berikutnya mengalami fluktuasi dalam pendegradasian kadar organik pada limbah sehingga hasil yang didapatkan hasil yang naik turun.

Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal warna pada media kerikil. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga

dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Berikut adalah kemampuan efisiensi dapat dilihat pada Gambar 4.42.



**Gambar 4. 42 Persentase Removal Warna pada Media Kerikil dengan Tanpa Aerasi**

Persen removal maksimal yang didapatkan adalah sebesar 78,08% yang terletak pada hari ke-5 dengan kandungan warna pada inlet sebesar 67 mg/L dan hasil outlet yang didapatkan sebesar 15 mg/L.

Setelah mencapai kondisi maksimal di hari ke-5, hari selanjutnya persen removal mengalami fluktuasi hasil persen removal. Pada hari ke-10 didapatkan persen removal yang menurun menjadi 77,18%.

*Running* perlakuan kedua dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 3,5 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan warna dapat dilihat pada Tabel 4.36.

**Tabel 4. 36 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

Hari ke-	Debit aerasi = 3,5 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsen-trasi (mg/L)	
1	0,055	34	0,032	11	68,45
2	0,062	41	0,032	11	73,89
3	0,043	22	0,032	11	50,93
4	0,047	26	0,031	10	62,50
5	0,075	54	0,032	11	80,22
6	0,055	34	0,031	10	71,43
7	0,056	35	0,032	11	69,36
8	0,048	27	0,032	11	60,15
9	0,062	41	0,031	10	76,35
10	0,038	17	0,031	10	42,17

Pada hasil penurunan kandungan warna pada media kerikil dengan variasi 3,5 L/menit membantu menyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah.

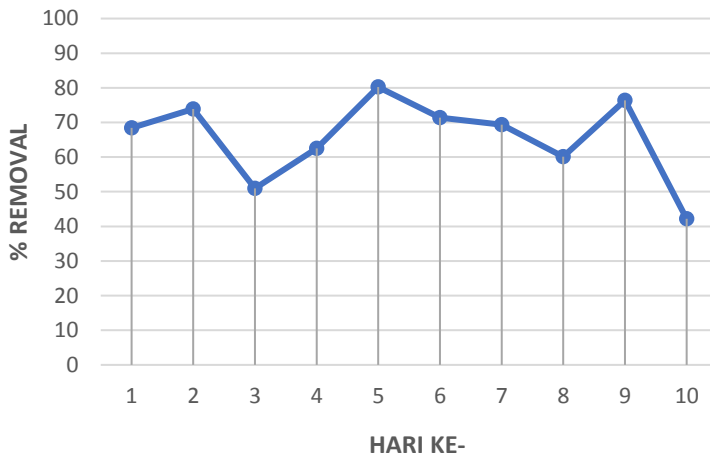
Pada hari pertama didapat persen removal sebesar 68,45% dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 34 mg/L dan 11 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya persen removal mengalami fluktuasi setiap harinya.

Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal warna pada media kerikil. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga

dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Persen removal maksimum yang didapat terletak pada hari ke-5 dengan nilai persen removal sebesar 80,22% dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 54 mg/L dan 11 mg/L. Kemudian mulai mengalami penurunan removal kembali pada hari ke-6 dan pada hari ke-8 mengalami penurunan signifikan sebesar 60,15%. Persen removal terendah terletak pada hari ke-10 didapatkan persen removal sebesar 43,15%.

Kemampuan efisiensi removal kandungan warna dapat dilihat pada Gambar 4.43.



**Gambar 4. 43 Persentase Removal Warna pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 3,5 L/menit**

*Running* perlakuan ketiga dilakukan pada media bioball dengan variasi debit aerasi sebesar 7 L/menit dengan disesuaikan dengan spesifikasi aerator yang digunakan untuk suplai oksigen. Hasil analisis penurunan kandungan warna dapat dilihat pada Tabel 4.37.

**Tabel 4. 37 Hasil Penurunan Kandungan Warna pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit**

Hari ke-	Variasi = 7 L/menit				% Removal
	Inlet		Outlet		
	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	Adsorb-ansi (A)	Konsentrasi (mg/L)	
1	0,043	22	0,031	10	55,56
2	0,055	34	0,032	11	68,45
3	0,069	48	0,031	10	79,83
4	0,069	48	0,031	10	79,83
5	0,071	50	0,031	10	80,65
6	0,046	25	0,031	10	60,98
7	0,033	12	0,03	9	25,86
8	0,044	23	0,03	9	61,95
9	0,054	33	0,031	10	70,55
10	0,043	22	0,031	10	55,56

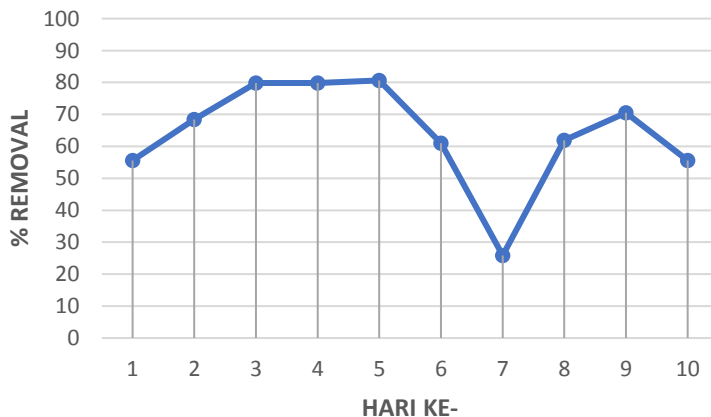
Hasil penurunan kandungan warna dengan menggunakan variasi debit aerasi yaitu sebesar 7 L/menit didapatkan removal yang cukup besar pula di outletnya. Nilai kandungan awal pada bak penampung pada range sebesar 100-250 mg/L. Dengan variasi debit aerasi dapat membantu meyuplai oksigen bagi mikroba yang akan mendegradasi air limbah. Selain itu dengan aerasi dapat mengurangi kepekatan dan kekeruhan pada air limbah sehingga berpengaruh pada kandungan warna pada air limbah.

Hasil dari penurunan kandungan warna pada air bekas pencucian jeans dengan media kerikil dengan debit aerasi sebesar 7 L/menit menunjukkan bahwa removal pada hari pertama sebesar 55,56% dengan hasil inlet dan outlet sebesar 22 mg/L dan 10 mg/L. Kemudian pada hari berikutnya mengalami peningkatan namun turun kembali pada hari ke-6. Pada hari ke-7 mengalami penurunan removal yang signifikan yaitu sebesar 25,86%. Terjadinya hasil yang fluktuatif disebabkan oleh kandungan warna

pada air limbah yang masuk ke inlet pengolahan berbeda pula pada setiap harinya sehingga berpengaruh pada efisiensi removal warna pada media kerikil. Selain itu pula dapat terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Hasil removal penurunan kandungan warna maksimum didapatkan pada hari ke-5, dengan hasil nilai inlet dan outlet berturut-turut sebesar 50 mg/L dan 10 mg/L dimana persen removal yang didapatkan sebesar 80,65%.

Setelah mencapai kemampuan removal maksimum, hasil penurunan warna mengalami penurunan mulai hari ke-7 dan pada hari ke-10 mengalami fluktuasi kembali sehingga didapatkan persen removal 60,19%. Persentase kemampuan removal kandungan warna dapat dilihat pada Gambar 4.44.

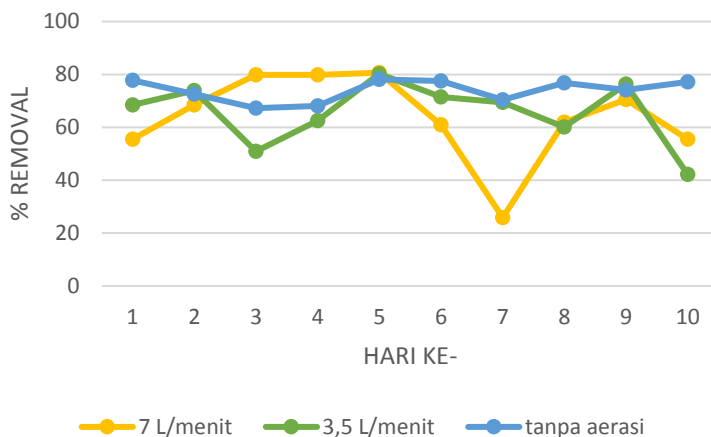


**Gambar 4. 44 Persentase Removal Warna pada Media Kerikil dengan Debit Aerasi 7 L/menit**



Terjadi penyumbatan (*clogging*) pada filter yang dapat terjadi melalui perangkat mekanik dari partikel dengan cara yang sama dengan filter. Penyumbatan dapat mengurangi porositas media sehingga akan menimbulkan air yang akan melewati media menjadi tertahan. Pembebanan yang tiba-tiba (*shock loading*) juga dapat mempengaruhi kinerja biofilter dan menyebabkan fluktuasi removal.

Kemampuan maksimum dalam menurunkan kandungan warna pada media kerikil dengan tanpa aerasi, debit aerasi 3,5 L/menit, debit aerasi 7 L/menit berturut-turut sebesar 78,08%; 80,22%; 80,65%. Perbandingan hasil persentase removal warna pada media kerikil dapat dilihat pada Gambar 4.45.



**Gambar 4. 45 Perbandingan Persentase Removal Warna pada Media Kerikil dengan Variasi Debit Aerasi**

Pada Gambar 4.45 dapat dilihat bahwa penurunan kandungan COD dengan media bioball dan variasi debit aerasi 3,5L/menit dapat meremoval lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa aerasi, hal ini menunjukkan bahwa media kerikil dengan debit aerasi 3,5 L/menit mendegradasi bahan organik lebih optimal dibandingkan dengan tanpa aerasi.

Dari hasil penurunan kandungan warna secara keseluruhan, berikut adalah rincian kemampuan efisiensi removal

terbesar untuk menurunkan kandungan warna untuk setiap media dan variasi dapat dilihat pada Tabel 4.38.

**Tabel 4. 38 Efisiensi removal warna maksimum tiap Media**

Media	Efisiensi removal maksimum (%)		
	Tanpa aerasi	3,5 L/menit	7 L/menit
Pecahan genteng	77,92	81,75	81,93
Bioball	81,47	82,09	82,66
Kerikil	78,08	80,22	80,65

Dari Tabel 4.38 dapat disimpulkan bahwa penurunan kandungan warna paling efektif dengan menggunakan media bioball dengan debit aerasi 7 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa media bioball mendegradasi air limbah secara maksimal karena permukaan bioball yang berongga dapat menjadikan berkembang pesatnya pertumbuhan mikroorganisme yang akan mendegradasi bahan organik pada air limbah.

Hasil dari efluen pengolahan biologis pada air limbah bekas pencucian jeans belum memenuhi baku mutu mengenai limbah tekstil sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 walaupun efisiensi removal yang diberikan sudah tinggi.

### 4.3 Rasio BOD/COD

Rasio BOD/COD dianalisis untuk mengetahui angka perbandingan dalam mengetahui tingkat biodegradabilitas zat organik yang terkandung dalam air limbah. Menurut Papadopolous (2006), semakin tinggi rasio BOD/COD suatu air limbah maka proses biologis akan bertambah cepat dan efisien. Pada air limbah pencucian jeans dari bak penampung dilakukan pengujian BOD sebanyak 4 kali untuk mendapatkan rasio BOD/COD kemudian diketahui tingkat biodegradabilitas dari air limbah tersebut sehingga dapat ditentukan air limbah dari bekas pencucian jeans tersebut cocok diolah dengan cara biologis. Hasil dari rasio BOD/COD dapat dilihat pada Tabel 4.39.

**Tabel 4. 39 Rasio BOD/COD pada Air Bekas Pencucian Jeans**

COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Rasio BOD/COD	DO (mg/L)
6400	2650	0,41	4,54
6800	2575	0,37	4,27
6400	2600	0,4	4,61
6000	2550	0,425	4,58

Hasil dari rasio BOD/COD dari air limbah bekas pencucian jeans cukup konstan pada 4 kali percobaan. Menurut menurut Metcalf dan Eddy (2003), pengolahan biologis dapat berjalan optimal pada rentang rasio 0,4-0,8. Meninjau dari hasil rasio BOD/COD pada air bekas pencucian jeans dapat terdegradasi dengan optimal. Dengan rentang rasio BOD/COD sebesar 0,37-0,425 maka dapat dikatakan bahwa air bekas pencucian jeans cukup bisa diolah dengan pengolahan biologis.

#### **4.4 Dissolve Oxygen**

Dissolve Oxygen atau oksigen terlarut dibutuhkan oleh mikroorganisme aerobik untuk proses respirasi (Metcalf dan Eddy, 2003). Pada proses aerob dapat terjadi perubahan konsentrasi oksigen terlarut dalam air karena oksigen terlarut tersebut digunakan sesuai dengan kebutuhan oksigen dalam air. Menurut Ding *et al* (2012), konsentrasi oksigen terlarut di atas 1,5 mg/L dibutuhkan agar dapat terjadi respirasi dan oksidasi.

Pengecekan nilai DO atau oksigen terlarut dimaksudkan untuk mengetahui oksigen terlarut mencukupi atau tidak saat proses biologis berlangsung. Nilai DO pada air limbah bekas pencucian jeans dapat dilihat pada Tabel 4.40.

**Tabel 4. 40 Nilai Oksigen Terlarut pada Air Bekas Pencucian Jeans**

COD (mg/L)	BOD (mg/L)	DO (mg/L)
6400	2650	4,54
6800	2575	4,27
6400	2600	4,61
6000	2550	4,58

Nilai dari oksigen terlarut pada air bekas pencucian jeans berkisar pada 4,2-4,61 mg/L sehingga konsentrasi DO masih memenuhi untuk dilakukan proses biologis.

#### **4.5 Hubungan Antara Parameter COD, TSS, dan Warna**

Menurut Metcalf dan Eddy (2003), COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air yang sengaja diurai secara kimia. Sedangkan TSS (*Total Suspended Solid*) adalah zat yang tersuspensi biasanya terdiri dari zat organik di dalam air. COD adalah total keseluruhan dari pengotor TSS zat organik, mineral bervalensi rendah, ditambah dengan zat kimia yang memakan oksigen. Oleh karena itu, parameter COD juga berkaitan dengan parameter TSS karena sama-sama dipengaruhi oleh kandungan zat organik di dalam air limbah. Ketika kandungan organik dalam air limbah semakin berkurang maka kandungan COD dan TSS juga semakin berkurang.

Hasil analisis TSS menunjukkan bahwa nilai konsentrasi TSS yang tinggi ditandai dengan warna air limbah yang keruh. Hal ini dapat menyebabkan terhalangnya sinar matahari masuk ke dalam air limbah sehingga kadar oksigen dalam air akan berkurang. Jika oksigen hanya sedikit dan maka bakteri aerobik akan cepat mati. Selain itu, parameter warna juga dipengaruhi oleh kandungan COD dan TSS. Kandungan warna pada air limbah juga dapat disebabkan oleh adanya partikel hasil pembusukan bahan organik. Seperti halnya kandungan TSS, kandungan warna juga dapat menghalangi penetrasi cahaya ke dalam air. TSS juga dapat mempengaruhi warna semu (*apparent colour*) pada air limbah dimana warna semu disebabkan oleh adanya partikel-partikel tersuspensi dalam air. Warna ini akan mengalami perubahan setelah disaring serta dapat mengalami pengendapan. Warna semu akan semakin pekat bila kandungan TSS meningkat pula. Sehingga dapat dikatakan ketiga parameter memiliki hubungan dan korelasi satu sama lain.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat penurunan beban polutan COD, TSS, dan warna pada air bekas pencucian jeans didapatkan hasil sebagai berikut:
  - Efisiensi penurunan COD: pecahan genteng 90,91%; bioball 91,67%; kerikil 90% pada variasi debit aerasi 7 L/menit.
  - Efisiensi penurunan TSS: pecahan genteng 86,67%; bioball 88,89%; kerikil 84,44% pada debit aerasi 7 L/menit
  - Efisiensi penurunan warna: pecahan genteng 75,22%; bioball 75,76%; kerikil 74,4% pada variasi debit aerasi 7 L/menit.
2. Variasi jenis media mempengaruhi tingkat penurunan pada setiap parameter. Media pecahan genteng, bioball, dan kerikil memiliki kemampuan penurunan beban polutan yang hampir sama dan memberikan efisiensi removal cukup tinggi. Sedangkan debit aerasi sangat berpengaruh dalam menurunkan beban polutan air limbah. Hal ini karena dengan kondisi suplai oksigen yang cukup akan meningkatkan kinerja bakteri dalam mereduksi bahan organik dalam air limbah.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diusulkan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu adanya pengujian rasio BOD/COD yang tepat sehingga beban polutan yang masuk ke dalam pengolahan sesuai dengan kemampuan mikroorganisme dan spesifikasi alatnya.

2. Perlu adanya pengamatan lebih lanjut untuk mengantisipasi penyumbatan (*clogging*) karena banyaknya padatan organik yang terkandung dalam air limbah air bekas pencucian jeans.
3. Perlu adanya pengolahan lebih lanjut seperti pengolahan fisik-kimia untuk membantu menurunkan TSS dan warna sebelum masuk ke pengolahan biologis.
4. Perlu pengamatan lebih lanjut untuk mengetahui pertumbuhan biofilm.

## DAFTAR PUSTAKA

- APHA, AWWA, WEF. 2000. *Standards Methods for the Examination of Water and wastewater*. Washington: American Public Health Association
- Batara, K., Zaman, B., Oktiawan, W. 2017. *Pengaruh Debit Udara dan Waktu Aerasi Terhadap Efisiensi Penurunan Besi dan Mangan Menggunakan Diffuser Aerator pada Air Tanah*. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol. 60, No. 1.
- Carlson, C. S. 2004. *Effective Fmeas: Achieving Safe, Reliable, And Economical Products And Processes Using Failure Mode And Effects Analysis*. USA: ReliaSoft Corporation.
- Chana, S.A et al. 2017. *Analysis of Physicochemical and Biological Water Characteristic of Phueli Canal*. *International Journal of Advanced and Applied Sciences* Vol 5, 88-95
- Chaudhary, D.S., Shim, W.G., Moon, H., Vigneswaran, S., Ngo, H.H. 2009. *Biofilter in Water and Wastewater Treatment*. *Korean Journal Chemical Engineering* Vol. 20, 1054-1056.
- Christina, Lia dan Santoso. 2007. *Pemanfaatan Daun Enceng Gondok (Eichhornia crassipes) Segar Sebagai Penjerapan Pb dan Cd dalam Larutan*. Universitas Surabaya
- Cicek N. 2003. "A Review of Membrane Bioreactors and their Potential Application in treatment of Agricultural Wastewater". *Biosystem Engineerig*. University of Manotoba, Winnipeg, Kanada
- Conley, D.J., Paerl, H.W., Howarth, R.W. 2009. *Ecology Controlling Eutrophication- Nitrogen and Phosporus*. *Journal of Science*
- Donlan. 2008. *Bacterials Biofilms*. USA: Springer
- Edhawati, L dan Sprihatin. 2009. *Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Limbah Industri Perikanan*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol 1 No 2
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius

- El-Rahim, W. M. 2009. *The Effect of pH on Bioremediation Potential for the Removal of Direct Violet Textile Dye by Aspergillus niger*. Egypt
- Filliazati, M., Apriani, I., Zahara, T. A. 2017. *Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang*. Universitas Tanjungpura Pontianak
- Herlambang, A dan R. Marsidi. 2003. *Proses Denitrifikasi dengan Sistem Biofilter untuk Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Nitrat*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*; Vol 4 (1): 46-55
- Herlambang, A. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT) dan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Samarinda
- Hidayat, Nur. 2006. *Bioproses Limbah Cair*. Yogyakarta: Andi Offset
- Gaindo, J. M and Heijnen, Loosdrechts Van. 1997. *Influence of Dissolved Oxygen Concentration of Nitrite Accumulation in a Biofilm, Airlift Suspension Reactor*. *Environmental Journal*. Vol 53, 168-178.
- Irmayana K., Hadisantoso, E. P., Isnaini, S. 2017. *Pemanfaatan Biji Kelor (Moringa Oleifera) sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil Kulit*. UIN Sunan Gunung Jati Bandung
- Jannatin, R.D. 2011. *Uji Kemampuan Adsorpsi Arang Batok Kelapa untuk Mereduksi Warna dan Permanganat Vaue dari Limbah Cair Industri Batik*. Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS
- Jianbin, Yu. *Study on Mechanism Experiment and Evalution Methods for Water Eutrophication*. *Journal of Chemistry* Vol 20, 17-24.
- Junaidi dan Hatmanto, Bima Patria. 2006. *Analisis Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil (Studi Kasus PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta)*. *Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro*
- Kumar, K.V., Sridevi, V., Harsha, N., Laksmi, M.V.V., Rani, K. 2013. *Biofiltration and its Application in Treatment of Air and Water Pollutants*. *International Journal of*



- Application and Innovation in Engineering and Management Vol 2, 10-15.*
- Kurniawati, Susi. 2013. *Biofilter dan Biorack sebagai Pengolah Limbah Laundry*. Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS
- Laksono, S. 2012. *Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter*. Universitas Indonesia
- Lee, Hang dan Nikraz, Hamid. 2015. *BOD: COD Ratio as an Indicator for River Pollution. International Proceedings of Chemical, Biological Evironmental Engineering Vol 88.*
- Lu, Yaoxing and Lei Yuxin. 2016. *High-load Domestic Wastewater Treatment Using Combined Anaerobic-Aerobic Biofilter with Coal Cinder as Medium. Korean Journal Chemical Engineering Vol. 39, 102-108.*
- Manurung, Renita. 2014. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.6 No 1*
- Metcalf dan Eddy, Inc. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc: USA.
- Pamungkas, Eko. 2015. *Studi Kinerja Biofilter Aerob untuk Mengolah Air Limbah Laundry*. Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS
- Pangestuti, Tika. 2014. *Peningkatan kualitas efluen air limbah di RSUD Dr. M. Soewandhi menggunakan biofilter aerobik*. Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS
- Rahmah, A., Mulasari, S. A. 2015. *Pengaruh Metode Koagulasi, Sedimentasi, dan Variasi Filtrasi terhadap Penurunan Kadar TSS, COD, dan Warna pada Limbah Cair Batik. Jurnal Chemica Vol. 2 No,1 Halaman 7-12*
- Rakhmawati, A. P. 2012. *Pengolahan Air Limbah Laundry dengan Reaktor Biofilter dan Koagulasi-Flokulasi. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVI.*
- Ritmann, B.E. dan Mc Carty. 2001. *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. New York: McGraw-Hill
- Said, N. I. 2000. *Teknologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilter Tercelup. Jurnal Teknologi Lingkungan I, 101-113.*
- Said, N. I. 2001. *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Proses Biologis Biakan Melekat Menggunakan Media*

- Plastik Sarang Tawon. Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 2 (3) hal 223-240. Jakarta*
- Said, N. I. 2005. *Aplikasi bioball untuk media biofilter studi kasus pengolahan air limbah pencucian jeans. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (BPPT). Jurnal; Vol 1 No.1*
- Said, N. I. 2008. *Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta "Tinjauan Permasalahan, Strategi, dan Teknologi Pengolahan" Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan.*
- Salmin. 2015. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologis (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator untuk Menentukan Kualitas Perairan. Jurnal Oseana Vol 3, 21-26*
- Santoso. 2014. *Pengolahan Limbah Air Domestik Secara Fisik, Kimia Biologis. Univeristas Jenderal Soedirman.*
- Scarvada, A.J., Chameeva, T.B., Goldstein, S.M., Hays, J.M., Hill, A.V. 2004. "A Review of the Causal Mapping Practice and Research Literature". *Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference, Cancun, Mexico, April 30–May 3, 2004.*
- Schierholz, E. L., John S. G., Steven C. W., Heather E. H. 2006. *Gas Transfer from Diffusers. Water Research Vol.40, 110-127*
- Sharma G, Rao S, Bansal A, Dang S, Gupta S, Gabrani R (2014) *Pseudomonas aeruginosabiofilm: potential therapeutic targets. Journal of Biologicals 42(1):1–7*
- Slamet A, dan Masduqi, A. 2000. *Satuan Proses Surabaya: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS*
- Soewondo, Prayitni dan Putri, A. S. 2010. *Optimasi Penurunan Warna Pada Limbah Tekstil Melalui Pengolahan Koagulasi Dua Tahap. Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 16 No.1 halaman 10-20*
- Sulaiman, Fatah dan Satrio, Pandu. 2016. *Analisis Kinerja Biofilter Media Kerikil dan Batu Apung untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*
- Vasudevan, R. 2014. *Biofilms: microbial cities of scientific significance. J Microbiol Exp 1(3):00014*

- Wijeyekoon, S., Mino T., Satoh, H., dan Matsuo, T. 2000. *Growth and novel Structural features of tubular biofilms. Journal water science and technology.*
- Willey J, Sherwood, Wolverton P. 2012. *Prescott Harley Klein Microbiology.* USA: McGraw Hill
- Yahya, Fahrul. 2011. *Studi Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Biofilter Aerasi Menggunakan Media Bioball Dan Eceng Gondok (Eichornia crassipes).* Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS
- Zahra, L. Z. 2015. *Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik.* Tugas Akhir Teknik Lingkungan ITS

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LAMPIRAN A

### MENGHITUNG DIMENSI REAKTOR

Reaktor biofilter disiapkan dengan merencanakan HRT dan debit terlebih dahulu. Berikut adalah perhitungan dimensi reaktor pada penelitian ini.

Diketahui:

HRT = 8 jam (kriteria desain 6-8 jam)

Debit = 70 L/hari (dua kali proses pencucian dalam sehari dengan satu kali running proses memproduksi limbah  $\pm$  35 liter) = 2,9 liter/jam

Maka didapatkan volume total media reaktor,

Volume = Debit x HRT

$$= 2,9 \text{ liter/jam} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 23,2 \text{ liter}$$

$$= 24 \text{ liter}$$

$$= 24000 \text{ ml} = 24000 \text{ cm}^3$$

Kemudian dapat ditentukan dimensi reaktor sebagai berikut:

Panjang = 20 cm

Lebar = 20 cm

Tinggi = 60 cm

Reaktor biofilter disiapkan dengan dimensi 20 cm x 20 cm x 80 cm, dengan ketinggian dari ketebalan masing-masing jenis media sebesar 60 cm. Ketinggian muka air 5 cm dari media. Media penyangga dibuat berlubang berupa kassa/ strainer.

a. Reaktor I (media pecahan genteng)

- Panjang = 20 cm

- Lebar = 20 cm

- Tinggi = 80 cm

Dimensi filter:

- Tinggi media = 60 cm

- Tinggi muka air = 5 cm

- Tinggi dibawah media = 10 cm

- Volume media total =  $P \times L \times \text{tinggi media}$   
 $= 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$   
 $= 24000 \text{ cm}^3$   
 $= 24 \text{ L}$
- Porositas rongga media pecahan genteng = 0,83
- Volume rongga = porositas x vol. Media total  
 $= 0,83 \times 24 \text{ L}$   
 $= 19,92 \text{ L}$
- Volume air di atas media =  $P \times L \times \text{tinggi muka air}$   
 $= 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$   
 $= 2000 \text{ cm}^3$   
 $= 2 \text{ L}$
- Volume air total pada media =  $19,92 \text{ L} + 2 \text{ L}$   
 $= 21,92 \text{ L}$
- HRT = 8 jam
- Debit air (Q) = volume/ HRT  
 $= 21,92 \text{ L} / 8 \text{ jam}$   
 $= 2,74 \text{ L/jam} = 45,6 \text{ mL/menit}$

b. Reaktor II (media bioball)

- Panjang = 20 cm
- Lebar = 20 cm
- Tinggi = 80 cm

Dimensi filter:

- Tinggi media = 60 cm
- Tinggi muka air = 5 cm
- Tinggi dibawah media = 10 cm

- Volume media total =  $P \times L \times \text{tinggi media}$   
 $= 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$   
 $= 24000 \text{ cm}^3$   
 $= 24 \text{ L}$
- Porositas rongga media pecahan genteng = 0,92
- Volume rongga = porositas x vol. Media total  
 $= 0,92 \times 24 \text{ L}$   
 $= 22,08 \text{ L}$
- Volume air di atas media =  $P \times L \times \text{tinggi muka air}$   
 $= 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$

- $= 2000 \text{ cm}^3$
  - $= 2 \text{ L}$
- Volume air total pada media  $= 22,08 \text{ L} + 2 \text{ L}$   
 $= 24,08 \text{ L}$
- HRT = 8 jam
- Debit air (Q)  $= \text{volume} / \text{HRT}$   
 $= 24,08 \text{ L} / 8 \text{ jam}$   
 $= 3,01 \text{ L/jam} = 50,16 \text{ mL/menit}$

c. Reaktor III (media kerikil)

- Panjang  $= 20 \text{ cm}$
- Lebar  $= 20 \text{ cm}$
- Tinggi  $= 80 \text{ cm}$

Dimensi filter:

- Tinggi media  $= 60 \text{ cm}$
- Tinggi muka air  $= 5 \text{ cm}$
- Tinggi dibawah media  $= 10 \text{ cm}$

- Volume media total  $= P \times L \times \text{tinggi media}$   
 $= 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$   
 $= 24000 \text{ cm}^3$   
 $= 24 \text{ L}$
- Porositas rongga media pecahan genteng  $= 0,83$
- Volume rongga  $= \text{porositas} \times \text{vol. Media total}$   
 $= 0,4 \times 24 \text{ L}$   
 $= 9,6 \text{ L}$
- Volume air di atas media  $= P \times L \times \text{tinggi muka air}$   
 $= 20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$   
 $= 2000 \text{ cm}^3$   
 $= 2 \text{ L}$
- Volume air total pada media  $= 9,6 \text{ L} + 2 \text{ L}$   
 $= 11,6 \text{ L}$
- HRT = 8 jam
- Debit air (Q)  $= \text{volume} / \text{HRT}$   
 $= 11,6 \text{ L} / 8 \text{ jam}$   
 $= 1,45 \text{ L/jam} = 24,1 \text{ mL/menit}$

d. Menghitung Head Pompa

$$\begin{aligned}\text{Head Pompa} &= H \text{ penyangga bak} + H \text{ bak pengatur debit} \\ &= 125 \text{ cm} + 30 \text{ cm} \\ &= 155 \text{ cm} = 1,55 \text{ m}\end{aligned}$$

e. Kebutuhan oksigen di dalam reaktor aerasi sebanding dengan jumlah COD yang dihilangkan. Kebutuhan oksigen dihitung untuk menentukan spesifikasi aerator yang akan digunakan pada reaktor, agar suplai udara tercukupi untuk perkembangbiakan mikroorganisme.

- COD yang dihilangkan = 1000 mg/L
- Debit air limbah = 24 L/hari
- Beban COD yang dihilangkan = debit air limbah x COD  
 $= 24 \text{ L/hari} \times 1000 \text{ mg/L}$   
 $= 24 \text{ mg/hari}$   
 $= 0,000024 \text{ kg/hari}$
- Faktor keamanan  $\pm 1,5$  (Said, 2005)
- Kebutuhan oksigen teoritis =  $1,5 \times 0,000024 \text{ kg/hari}$   
 $= 0,000036 \text{ kg/hari}$
- Berat jenis udara dalam suhu  $25^\circ \text{C}$  =  $1,1725 \text{ kg/m}^3$
- $\text{O}_2 = 21 \%$
- Kebutuhan oksigen = 
$$\frac{0,000036 \text{ kg/hari}}{1,1725 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,21 \frac{\text{g}^{02}}{\text{g}} \text{ udara}}$$
  
 $= 0,028 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Efisiensi aerator = 2,5 %
- Kebutuhan udara aktual = 
$$\frac{0,028 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,025}$$
  
 $= 1,12 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 $= 0,046 \text{ m}^3/\text{jam}$   
 $= 0,8 \text{ L/menit}$

Maka, spesifikasi dari aerator yang digunakan untuk variasi debit aerasi telah mencukupi untuk kebutuhan oksigen aktual.



## **LAMPIRAN B**

### **PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM**

#### **Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

Metode analisis COD dilakukan dengan menggunakan prinsip *closed reflux* metode titimetri.

##### **Alat dan Bahan:**

1. Larutan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0,1 N
2. Larutan  $Ag_2SO_4$
3. Larutan standart Fero Amonium Sulfat (FAS) 0,05 N
4. Larutan indikator Fenantrolin Fero Sulfat (Feroin)
5. Erlenmeyer 100 mL
6. Buret 25 mL
7. Alat pemanas dan tabung COD
8. Pipet 5 mL, 10 mL
9. Pipet tetes 1 buah
10. Beker glass 50 mL
11. Gelas ukur 10 mL

##### **Prosedur Analisis:**

1. Disiapkan sampel yang akan dianalisis kadar CODnya.
2. Diambil 1 mL sampel kemudian diencerkan hingga 10 kali.
3. Disiapkan tabung COD, kemudian dimasukkan sampel yang telah diencerkan sebanyak 1 mL dan aquades sebanyak 1 mL sebagai blangko.
4. Ditambahkan larutan Kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) sebanyak 1,5 mL.
5. Ditambahkan larutan campuran asam  $Ag_2SO_4$  sebanyak 3,5 mL.
6. Dinyalakan alat pemanas kemudian tabung COD diletakkan di atas alat pemanas selama 2 jam.
7. Setelah 2 jam, alat pemanas dimatikan dan tabung COD diangkat kemudian dibiarkan hingga dingin
8. Ditambahkan indikator ferroin sebanyak 3 tetes
9. Sampel dalam tabung COD dipindahkan pada elenmeyer dan dititrasi dengan FAS 0,05 N hingga warna menjadi merah-coklat yang tidak hilang selama 1 menit..
10. Dihitung COD sampel dengan rumus:

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Vol Sampel}} \times p$$

Keterangan:

A : mL FAS titrasi blanko

B : mL FAS titrasi sampel

N : normalitas larutan FAS

P : pengenceran

## **Analisis TSS (*Total Suspended Solid*)**

### **Alat dan Bahan**

- Kertas saring
- Cawan porselen
- Aquades
- Gelas ukur 25 mL
- Erlenmeyer 50 mL
- Neraca analitik

### **Prosedur**

1. Dilakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi/ cuci saringan dengan aquades.
2. Dicuci kertas saring dengan aquades biarkan kering sempurna (dimasukkan ke dalam oven), kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit, dan ditimbang berat keringnya.
3. Dilakukan penyaringan dengan menggunakan vakum. Diambil sampel sebanyak 25 mL, kemudian kertas saring diletakkan pada alat penyaring yang telah dicuci aquades. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam alat vakum.
4. Setelah sampel tersaring seluruhnya, kertas saring dipindahkan secara hati-hati dari alat penyaring dan pindahkan ke cawan porselen.
5. Dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, kemudian dinginkan dalam desikator selama 15 menit untuk menyeimbangkan suhu.
6. Ditimbang berat keringnya dengan neraca analitik.
7. Dihitung TSS dengan rumus:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(A-B) \times 1000 \times 1000}{\text{Vol Sampel}}$$

A = berat kering cawan petri setelah disaring

B = berat kering kertas saring sebelum disaring

## Analisis Nilai Permanganat

### Alat dan Bahan

- Larutan Asam Sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 4 N bebas organik
- Larutan Asam Oksalat 0,1 N
- Larutan Kalium Permanganat 0,01 N
- Alat pemanas
- Buret 25 mL
- Erlenmeyer 250 mL
- Pipet ukur 10 mL
- Gelas ukur 100 mL

### Prosedur

1. Dituangkan sampel sebanyak 100 mL dengan gelas ukur.
2. Ditambahkan 2,5 mL Asam Sulfat 4 N bebas organik.
3. Tambahkan beberapa tetes larutan Kalium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) 0,01 N hingga terjadi warna merah muda.
4. Dipanaskan hingga mendidih.
5. Ditambahkan 10 mL larutan Kalium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) 0,01 N.
6. Dipanaskan hingga mendidih selama 10 menit. Kemudian diangkat dari pemanas dan dibiarkan hingga dingin.
7. Ditambahkan 10 mL Asam Oksalat 0,1 N hingga menjadi jernih.
8. Dititrasi dengan larutan Kalium Permanganat ( $\text{KMnO}_4$ ) 0,01 N sampai timbul warna merah muda.
9. Dihitung nilai Permanganat dengan rumus:

$$PV \text{ (mg/L)} = \frac{1000}{Vol \text{ Sampel}} [ \{ (10 + a) \times N \} - (1 \times 0,1) ] \times 31,6 \times p$$

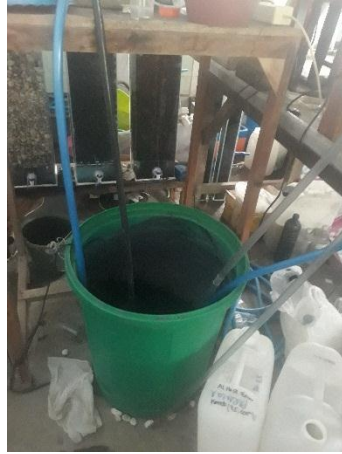
a = mL titrasi larutan Kalium Permanganat

N = Normalitas Kalium Permanganat

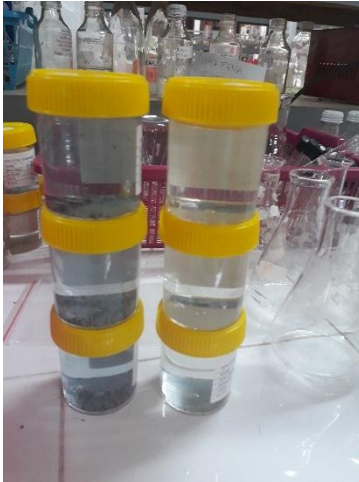
P = pengenceran

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LAMPIRAN C DOKUMENTASI PENELITIAN



Rangkaian reaktor



Analisis Bilangan Permanganat



Analisis COD



Analisis TSS



Analisis kandungan warna dengan spektrofotometer

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## LAMPIRAN D ANALISIS STATISTIK

Dalam suatu penelitian sangat diperlukan analisis statistik untuk menyimpulkan hasil eksperimen. Teknik analisis yang cocok adalah ANOVA (*Analysis of Variance*). Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui interaksi antar variabel dan pengaruhnya terhadap suatu perlakuan. Pada penelitian ini akan dilakukan uji ANOVA jenis *one way*. *One way* ANOVA digunakan jika suatu eksperimen mempunyai satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Hasil dari uji ini adalah jika:

P-value > 0,05 →  $H_0$  diterima (varian adalah sama)

P-value < 0,05 →  $H_0$  ditolak (varian adalah beda)

Sehingga dapat ditarik kesimpulan/ nilai probabilitas (signifikansi), misal jika P-value > 0,05 menghasilkan varian sama atau tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Pada penelitian ini yang akan diuji adalah removal setiap parameter (COD, TSS, warna) dalam setiap perlakuan media dan debit aerasi. Uji ANOVA ini menggunakan SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*). Hasilnya adalah sebagai berikut:

### 1. Parameter COD

#### a. Pecahan Genteng

#### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	60,0600	16,37778	5,17911	48,3440	71,7760
3,5 L/menit	10	63,5880	17,46435	5,52271	51,0948	76,0812
7 L/menit	10	81,0900	7,29682	2,30746	75,8702	86,3098
Total	30	68,2460	16,78984	3,06539	61,9766	74,5154

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	33,33	87,50
3,5 L/menit	40,00	88,89
7 L/menit	66,67	90,91
Total	33,33	90,91

### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,455	2	27	,021

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2536,759	2	1268,379	6,074	,007
Within Groups	5638,307	27	208,826		
Total	8175,066	29			

b. Bioball

### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	74,1460	15,94398	5,04193	62,7404	85,5516
3,5 L/menit	10	73,6940	12,61622	3,98960	64,6689	82,7191
7 L/menit	10	83,5710	8,66425	2,73988	77,3730	89,7690
Total	30	77,1370	13,15426	2,40163	72,2251	82,0489

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	50,00	88,89
3,5 L/menit	54,55	90,91
7 L/menit	66,67	91,67
Total	50,00	91,67

### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,218	2	27	,128

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	621,967	2	310,983	1,910	,168
Within Groups	4396,037	27	162,816		
Total	5018,004	29			

### c. Kerikil

### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	61,9200	19,48143	6,16057	47,9838	75,8562
3,5 L/menit	10	56,1390	17,90433	5,66185	43,3310	68,9470
7 L/menit	10	75,1540	11,09552	3,50871	67,2167	83,0913
Total	30	64,4043	17,91671	3,27113	57,7141	71,0945

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	20,00	83,33
3,5 L/menit	33,33	88,89
7 L/menit	55,56	90,00
Total	20,00	90,00

### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,882	2	27	,426

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1900,430	2	950,215	3,463	,046
Within Groups	7408,816	27	274,401		
Total	9309,246	29			

d. Debit Aerasi 7 L/menit dan Tiap Media

### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean
					Lower Bound
pecahan genteng	10	81,0900	7,29682	2,30746	75,8702
bioball	10	83,5710	8,66425	2,73988	77,3730
kerikil	10	75,1540	11,09552	3,50871	67,2167
Total	30	79,9383	9,53566	1,74096	76,3777

	95% Confidence Interval for Mean	Minimum	Maximum
	Upper Bound		
pecahan genteng	86,3098	66,67	90,91
bioball	89,7690	66,67	91,67
kerikil	83,0913	55,56	90,00
Total	83,4990	55,56	91,67

### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,471	2	27	,248

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	374,124	2	187,062	2,232	,127
Within Groups	2262,810	27	83,808		
Total	2636,934	29			

2. Parameter TSS
  - a. Pecahan Genteng

### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	74,5730	11,73466	3,71083	66,1785	82,9675
3,5 L/menit	10	74,9580	10,88925	3,44348	67,1683	82,7477
7 L/menit	10	74,0520	8,41761	2,66188	68,0304	80,0736
Total	30	74,5277	10,08301	1,84090	70,7626	78,2927

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	55,71	88,78
3,5 L/menit	50,00	85,71
7 L/menit	60,00	86,67
Total	50,00	88,78

### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,572	2	27	,571

### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,135	2	2,068	,019	,981
Within Groups	2944,208	27	109,045		
Total	2948,343	29			

b. Bioball

**Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	77,9880	8,10469	2,56293	72,1903	83,7857
3,5 L/menit	10	76,0470	11,35688	3,59136	67,9228	84,1712
7 L/menit	10	76,0010	7,73642	2,44647	70,4667	81,5353
Total	30	76,6787	8,93729	1,63172	73,3414	80,0159

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	58,54	85,71
3,5 L/menit	55,00	88,00
7 L/menit	64,00	88,89
Total	55,00	88,89

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,513	2	27	,604

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25,726	2	12,863	,152	,860
Within Groups	2290,651	27	84,839		
Total	2316,377	29			

c. Kerikil

**Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	73,4680	8,60585	2,72141	67,3117	79,6243
3,5 L/menit	10	70,6900	14,39552	4,55226	60,3921	80,9879
7 L/menit	10	73,1890	7,94635	2,51286	67,5045	78,8735
Total	30	72,4490	10,41671	1,90182	68,5593	76,3387

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	57,14	83,18
3,5 L/menit	40,00	85,19
7 L/menit	60,00	84,44
Total	40,00	85,19

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,725	2	27	,197

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	46,800	2	23,400	,204	,817
Within Groups	3099,925	27	114,812		
Total	3146,725	29			



d. Debit Aerasi 7 L/menit dan Tiap Media

**Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean
					Lower Bound
pecahan genteng	10	74,0520	8,41761	2,66188	68,0304
bioball	10	76,0010	7,73642	2,44647	70,4667
kerikil	10	73,1890	7,94635	2,51286	67,5045
Total	30	74,4140	7,84808	1,43286	71,4835

	95% Confidence Interval for Mean	Minimum	Maximum
	Upper Bound		
pecahan genteng	80,0736	60,00	86,67
bioball	81,5353	64,00	88,89
kerikil	78,8735	60,00	84,44
Total	77,3445	60,00	88,89

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,140	2	27	,870

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41,502	2	20,751	,321	,728
Within Groups	1744,675	27	64,618		
Total	1786,178	29			

3. Parameter Warna
  - a. Pecahan Genteng

#### Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	73,8900	4,38046	1,38522	70,7564	77,0236
3,5 L/menit	10	64,9960	13,59227	4,29825	55,2727	74,7193
7 L/menit	10	65,7410	16,85776	5,33089	53,6817	77,8003
Total	30	68,2090	12,97210	2,36837	63,3651	73,0529

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	66,55	80,17
3,5 L/menit	36,14	81,75
7 L/menit	25,86	81,93
Total	25,86	81,93

#### Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,029	2	27	,065

#### ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	486,882	2	243,441	1,496	,242
Within Groups	4393,101	27	162,707		
Total	4879,983	29			

b. Bioball

**Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	77,1980	4,77775	1,51086	73,7802	80,6158
3,5 L/menit	10	66,6070	12,21127	3,86154	57,8716	75,3424
7 L/menit	10	65,5000	16,80466	5,31410	53,4787	77,5213
Total	30	69,7683	13,02938	2,37883	64,9031	74,6336

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	68,79	81,60
3,5 L/menit	42,17	82,09
7 L/menit	25,86	82,66
Total	25,86	82,66

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2,922	2	27	,071

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	834,126	2	417,063	2,754	,082
Within Groups	4089,048	27	151,446		
Total	4923,174	29			

c. Kerikil

**Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
tanpa aerasi	10	73,9870	4,17094	1,31897	71,0033	76,9707
3,5 L/menit	10	65,5450	11,82152	3,73829	57,0884	74,0016
7 L/menit	10	63,9200	16,50358	5,21889	52,1141	75,7259
Total	30	67,8173	12,38714	2,26157	63,1919	72,4428

	Minimum	Maximum
tanpa aerasi	67,23	78,08
3,5 L/menit	42,17	80,22
7 L/menit	25,86	80,65
Total	25,86	80,65

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3,442	2	27	,047

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	584,175	2	292,087	2,040	,150
Within Groups	3865,620	27	143,171		
Total	4449,795	29			

d. Debit Aerasi 7 L/menit dan Tiap Media

**Descriptives**

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean
					Lower Bound
Pecahan Genteng	10	65,7410	16,85776	5,33089	53,6817
Bioball	10	65,5000	16,80466	5,31410	53,4787
Kerikil	10	63,9200	16,50358	5,21889	52,1141
Total	30	65,0537	16,15668	2,94979	59,0207

	95% Confidence Interval for Mean	Minimum	Maximum
	Upper Bound		
Pecahan Genteng	77,8003	25,86	81,93
Bioball	77,5213	25,86	82,66
Kerikil	75,7259	25,86	80,65
Total	71,0867	25,86	82,66

**Test of Homogeneity of Variances**

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,001	2	27	,999

**ANOVA**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19,568	2	9,784	,035	,966
Within Groups	7550,541	27	279,650		
Total	7570,110	29			

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BIOGRAFI PENULIS



Nama lengkap dari Penulis adalah Laily Kusuma Wardani. Lahir di Jombang, pada tanggal 23 April 1996. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh yaitu TK Aisyiyah Bustanul Athfal, SD Muhammadiyah 3 Jombang, SMPN 2 Jombang, dan SMAN 2 Jombang. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil,

Lingkungan, dan Kebumihan, ITS, pada tahun 2014. Pada masa SMA, Penulis aktif mengikuti kompetisi Karya Ilmiah Remaja Tingkat SMA dan Olimpiade Sains Nasional bidang Kebumihan. Sejak di tahun pertama di bangku kuliah, Penulis aktif di berbagai organisasi di kampus dan berbagai kepanitiaan di HMTL ITS, BEM Fakultas dan BEM ITS. Pada tahun 2016-2017 penulis aktif sebagai Kepala Bidang Internal Departemen Dalam Negeri HMTL ITS dan Sekretaris Departemen Dalam Negeri BEM FTSP ITS. Pada tahun 2017 penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik pada bagian Departemen Riset Pupuk dan Produk Hayati. Selain itu pada kegiatan perkuliahan penulis pernah menjadi Asisten Laboratorium pada mata kuliah Remediasi Badan Air dan Pesisir. Penulis berharap segala bentuk komunikasi baik kritik, saran maupun diskusi yang ingin disampaikan kepada Penulis terkait dengan Tugas Akhir ini dapat disampaikan langsung via email di [lailykusuma23@gmail.com](mailto:lailykusuma23@gmail.com)